

**PENGARUH MEDIA *QUENCHING* AIR DAN OLI TERHADAP NILAI
KEKERASAN PERMUKAAN BAJA KARBON RENDAH *PASCA*
DILAKUKAN *HARDFACING* MENGGUNAKAN LAS SMAW DENGAN
POLARITAS DC- DAN DC+**



**MUHAMMAD FATIHUDDIN
5315134479**

**Skripsi ini Ditulis Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Dalam Memperoleh Gelar Sarjana**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN VOKASIONAL TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2018**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Pengaruh Media *Quenching* Air dan Oli Terhadap Nilai Kekerasan Permukaan Baja Karbon Rendah *Pasca* Dilakukan *Hardfacing* Menggunakan Las SMAW dengan polaritas DC- dan DC+

Nama : Muhammad Fatihuddin

No. Registrasi : 5315134479

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

NAMA DOSEN

TANDA TANGAN

TANGGAL

Ferry Budhi Susetvo, ST., MT., M.Si.
NIP. 198202022010121002
(Dosen Pembimbing I)



31-01-18

Ahmad Kholil, ST., MT.
NIP. 197908312005011001
(Dosen Pembimbing II)



6-02-18

PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

Dr. Riza Wirawan, ST., MT.
NIP. 197804112005011003
(Ketua)



31-01-18

Siska Titik Dwiyati, S.Si., MT.
NIP. 197812122006042002
(Sekretaris)



31-01-18

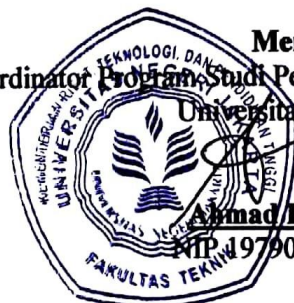
Dr. Imam Basori, MT.
NIP. 197906072008121003
(Dosen Ahli)



31-01-18

Tanggal Lulus : 26-01-18

Mengetahui,
Koordinator Program Studi Pendidikan Vokasional Teknik Mesin
Universitas Negeri Jakarta



Ahmad Kholil, ST., MT.
NIP. 197908312005011001

ABSTRAK

Metode *hardfacing* mempunyai prinsip dasar yaitu teknik pengelasan pada permukaan material logam yang nilai kekerasannya masih rendah ditambah logam pengisi yang mempunyai nilai kekerasan tinggi. Metode ini bertujuan untuk memperpanjang umur pakai material, meningkatkan ketahanan aus, mengurangi kost perawatan. Penelitian ini dilakukan menggunakan material baja karbon rendah yang mempunyai nilai kekerasan rendah, karena hal tersebut, maka peneliti menambahkan material yang lebih keras menggunakan proses pengelasan SMAW dengan elektroda HV 450. Elektroda jenis ini banyak digunakan pada pengelasan untuk pelapis material yang mudah aus seperti pada *bucket excavator*. Material logam akan mendapatkan nilai kekerasan yang tinggi jika dilakukan melalui proses *quenching*. *Quenching* adalah suatu proses pendinginan cepat dalam media pendingin setelah di *heat treatment* dengan temperatur 1000⁰C dengan penahanan waktu selama 60 menit. Media *quenching* yang digunakan dalam penelitian yaitu oli dan air. Proses *quenching* ini akan menghasilkan struktur mikro martensit, adanya martensit ini berguna untuk mengetahui bahwa material logam mempunyai nilai kekerasan vickers yang tinggi. Hasil penelitian ini menunjukkan polaritas DC+ menghasilkan kekerasan yang lebih tinggi pada semua spesimen yang diuji dengan nilai 418,66 VHN *quenching* air, 402,8 VHN *quenching* oli, 348 VHN *non treatment* jika dibandingkan polaritas DC- dengan nilai 405,92 VHN *quenching* air, 374,02 VHN *quenching* oli dan 323,38 VHN *non treatment*. Media *quenching* dengan air menghasilkan kekerasan yang paling tinggi dengan nilai 405,92 VHN untuk polaritas DC- dan 418,66 VHN untuk polaritas DC+ jika dibandingkan dengan oli. Struktur mikro yang terbentuk pada *weld metal* spesimen *non treatment* adalah bainit, sedangkan pada *weld metal* spesimen *quenching* air dan oli adalah martensit.

Kata Kunci : *Hardfacing*, Polaritas DC- dan DC+, Baja Karbon Redah, HV 450, *Heat Treatment*, *holding time*, Struktur Mikro, Nilai Kekerasan, Martensit

ABSTRACT

Basic principal of hardfacing method is a welding technic in surface metal material which has a low hardness value plus filler material which has a high hardness. The aim of this method is to extend material's life, increase the to resist abrasion and reduce maintenance cost. This study was conducted using low carbon steel material which has a low hardness. Therefore, the researcher added a harder material with welding process using HV 450 electrode. This electrode widely used in welding to a coating material like bucket excavator. Metal material will get higher hardness value if done through quenching process. Quenching is a fast cooling process in cooling medium after heat treatment with the temperature 1000°C in a holding time 60 minutes. Quenching medium which used in this study are oil and water. This quenching process is will produce martensite micro structure. This martensite is useful to know that metal material has a high vickers hardness number. The results showed DC + polarity yielded higher hardness in all specimens tested with 418.66 VHN quenching water, 402.8 VHN quenching oil, 348 VHN non-treatment when compared to DC polarity with 405.92 VHN quenching water value, 374.02 VHN quenching oil and 323.38 VHN non treatment. Media quenching with water produces the highest hardness with a value of 405.92 VHN for DC polarity and 418.66 VHN for DC + polarity when compared with oil. The microstructure formed on the non-treatment weld metal specimen is bainite, while the weld metal specimen quenching water and oil is martensite.

Keywords : Hardfacing, DC- dan DC+ Polarity, low carbon steel, HV 450, Heat Treatment, holding time, Micro structure, Vickers Hardness Number, Martensite

PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING

Skripsi dengan judul :

“Pengaruh Media *Quenching* Air dan Oli Terhadap Nilai Kekerasan Permukaan Baja Karbon Rendah *Pasca* Dilakukan *Hardfacing* Menggunakan Las SMAW dengan polaritas DC- dan DC+”

Dibuat untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan pada program studi Pendidikan Vokasional Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta. Disetujui dan diajukan dalam seminar skripsi.

Jakarta, 26 Mei 2017

Dosen Pembimbing I



Ferry Budhi Susetyo, ST., MT., M.Si.
NIP. 198202022010121002

Dosen Pembimbing II



Ahmad Kholil, ST., MT.
NIP. 197908312005011001

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Fatihuddin

NIM : 5315134479

Prodi : Pendidikan Vokasional Teknik Mesin (SI)

Fakultas : Teknik

Judul Skripsi : **“PENGARUH MEDIA QUENCHING AIR DAN OLI TERHADAP NILAI KEKERASAN PERMUKAAN BAJA KARBON RENDAH *PASCA* DILAKUKAN *HARDFACING* MENGGUNAKAN LAS SMAW DENGAN POLARITAS DC- DAN DC+”**

Dengan ini, saya menyatakan bahwa dalam tugas akhir skripsi ini benar – benar penelitian saya sendiri dan tidak terdapat penelitian yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu perguruan tinggi lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan dalam daftar pustaka.

Jakarta, 1 Februari 2018



Muhammad Fatihuddin
NIM.5315134479

“MOTTO DAN PERSEMBAHAN”

MOTTO

SUKSES, PASTI BISA !!!

PERSEMBAHAN

**JURUSAN PENDIDIKAN VOKASIONAL TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
ORANG TUA DAN KELUARGA BESAR
ANGKATAN MUDA MUHAMMADIYAH
TEMAN SEPERJUANGAN ANAK MESIN ANGKATAN 2013
DAN SELURUH YANG TELAH MEMOTIVASI SAYA**

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan saya banyak kenikmatan, salah satu yang sampai saat ini saya rasakan adalah nikmat sehat, sehingga saya bersyukur dapat menyelesaikan skripsi saya dengan judul **“PENGARUH MEDIA *QUENCHING* AIR DAN OLI TERHADAP NILAI KEKERASAN PERMUKAAN BAJA KARBON RENDAH PASCA DILAKUKAN *HARDFACING* MENGGUNAKAN LAS SMAW DENGAN POLARITAS DC- DAN DC+”**

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak dapat terselesaikan tanpa bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Ahmad Kholil, S.T., M.T. selaku Koordinator Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta dan sebagai dosen pembimbing II yang telah memberikan banyak dukungan, waktu, arahan, bimbingan dan motivasi dalam penyelesaian skripsi ini
2. Bapak Drs. H. Samsuir, M.T. sebagai Penasehat Akademik yang telah memberikan saran dan arahan yang berguna dalam penyelesaian penulisan skripsi ini.
3. Bapak Ferry Budhi Susetyo, S.T., M.T., M.Si selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan banyak dukungan, waktu, arahan, bimbingan dan motivasi dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Keluarga besar saya yang telah memberikan dukungan moril maupun materil

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak. Semoga skripsi ini dapat menjadi suatu informasi yang berguna dan bermanfaat bagi pembaca pada umumnya.

Jakarta, 1 Februari 2018

Penulis



Muhammad Fatihuddin
NIM.5315134479

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
LEMBAR PERSETUJUAN	iv
LEMBAR ORIGINALITAS	v
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Pembatasan Masalah	4
1.4 Rumusan Masalah	4
1.5 Tujuan Penelitian	5
1.6 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Kajian Teori	6
2.1.1 Pengertian Pengelasan.....	6
2.1.2 Pengertian Las SMAW	8
2.1.3 Elektroda HV 450	10
2.2 <i>Hardfacing</i> /Las Penebalan pada Permukaan	14
2.3 Baja Karbon	15

2.4 <i>Heat Treatment</i>	16
2.5 Pengujian kekerasan.....	17
2.6 Struktur Mikro	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1 Metode Penelitian	26
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	26
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	27
3.4 Diagram Alir	29
3.5 Proses Pengumpulan Data.....	30
BAB IV HASIL PENELITIAN	37
4.1 Pengukuran Pelat Hasil Las Penebalan (<i>Hardfacing</i>).....	37
4.2 Hasil <i>Heat Treatment</i> dengan <i>Quenching</i> oli dan air.....	38
4.3 Analisa dan Hasil Pengujian Kekerasan	39
4.3.1 Hasil Uji Kekerasan <i>Vickers</i>	39
4.4 Pengamatan Struktur Mikro	45
4.4.1 Struktur Mikro pada batas HAZ Spesimen <i>Non Treatment</i> dengan Polaritas DC+	47
4.4.2 Struktur Mikro pada <i>Weld Metal</i> Spesimen <i>Non Treatment</i> dengan Polaritas DC+	48
4.4.3 Struktur Mikro pada batas HAZ Spesimen <i>Quenching Oli</i> dengan Polaritas DC+	49
4.4.4 Struktur Mikro pada <i>Weld Metal</i> Spesimen <i>Quenching Oli</i> dengan Polaritas DC+	50
4.4.5 Struktur Mikro pada Batas HAZ Spesimen <i>Quenching Air</i> dengan Polaritas DC+	51
4.4.6 Struktur Mikro pada <i>Weld Metal</i> Spesimen <i>Quenching Air</i> dengan Polaritas DC+	52
4.4.7 Struktur Mikro pada batas HAZ Spesimen <i>Non Treatment</i> dengan Polaritas DC-	53
4.4.8 Struktur Mikro pada <i>Weld Metal</i> Spesimen <i>Non Treatment</i>	

dengan Polaritas DC-	54
4.4.9 Struktur Mikro pada batas HAZ Spesimen <i>Quenching</i> Oli dengan Polaritas DC-	55
4.4.10 Struktur Mikro pada <i>Weld Metal</i> Spesimen <i>Quenching</i> Oli dengan Polaritas DC-	56
4.4.11 Struktur Mikro pada Batas HAZ Spesimen <i>Quenching</i> Air dengan Polaritas DC-	57
4.4.12 Struktur Mikro pada <i>Weld Metal</i> Spesimen <i>Quenching</i> Air dengan Polaritas DC-	58
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	60
5.1 Kesimpulan	60
5.1 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	62
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	123

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Pengelasan SMAW	9
Gambar 2.2. Pengelasan <i>Hardfacing</i> Las SMAW	14
Gambar 2.3. Diagram <i>Continuous Cooling Transformation</i>	17
Gambar 2.4. Mengukur Diagonal 1	20
Gambar 2.5. Mengukur Diagonal 2	20
Gambar 2.6. Rumus VHN.....	21
Gambar 2.7. Hasil VHN Pada Monitor Komputerisasi	22
Gambar 2.8. Mesin Poles	23
Gambar 2.9. Ampelas	23
Gambar 2.10. Autosol	24
Gambar 2.11. Mikroskop optik.....	24
Gambar 2.12. <i>Ferrit</i> dan <i>Pearlit</i>	25
Gambar 2.13. Martensit	25
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	29
Gambar 3.2. Proses Pengelasan <i>Hardfacing</i>	32
Gambar 3.3. Hasil Pemotongan Pelat	32
Gambar 3.4 Proses Meratakan Permukaan	33
Gambar 3.5 Proses Heat Treatment dengan Temperatur 1000 ⁰ C	34
Gambar 3.6 Spesimen hasil <i>Heat Treatment</i> dengan <i>Quenching</i>	34
Gambar 3.7 Proses Uji <i>Vickers</i>	35
Gambar 3.8. Proses Pemolesan dengan Mesin Poles.....	36
Gambar 3.9 Pengetsaan.....	37
Gambar 3.10.Mesin Mikroskop Optik	37
Gambar 4.1. Hasil Pengelasan <i>Hardfacing</i>	38
Gambar 4.2. Perbedaan Tebal <i>Pre</i> dan <i>Post Weld</i>	38
Gambar 4.3 Spesimen Hasil <i>Quenching</i> Oli dan Air	39
Gambar 4.4 Grafik Nilai Rata – Rata Kekerasan <i>Vickers</i> Spesimen dengan Polaritas DC -.....	41

Gambar 4.5 Grafik Nilai Rata – Rata Kekerasan <i>Vickers</i> Spesimen dengan Polaritas DC +	43
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Nilai Rata – Rata Kekerasan 2 Polaritas....	44
Gambar 4.7 Struktur Mikro pada batas HAZ Spesimen <i>Non Treatment</i> dengan Polaritas DC+	47
Gambar 4.8 Struktur Mikro pada <i>Weld Metal</i> Spesimen <i>Non Treatment</i> dengan Polaritas DC+	48
Gambar 4.9 Struktur Mikro pada batas HAZ Spesimen <i>Quenching Oli</i> dengan Polaritas DC+	49
Gambar 4.10 Struktur Mikro pada <i>Weld Metal</i> Spesimen <i>Quenching Oli</i> dengan Polaritas DC+	50
Gambar 4.11 Struktur Mikro pada Batas HAZ Spesimen <i>Quenching Air</i> dengan Polaritas DC+	51
Gambar 4.12 Struktur Mikro pada <i>Weld Metal</i> Spesimen <i>Quenching Air</i> dengan Polaritas DC+	52
Gambar 4.13 Struktur Mikro pada batas HAZ Spesimen <i>Non Treatment</i> dengan Polaritas DC-	53
Gambar 4.14 Struktur Mikro pada <i>Weld Metal</i> Spesimen <i>Non Treatment</i> dengan Polaritas DC-	54
Gambar 4.15 Struktur Mikro pada batas HAZ Spesimen <i>Quenching Oli</i> dengan Polaritas DC-	55
Gambar 4.16 Struktur Mikro pada <i>Weld Metal</i> Spesimen <i>Quenching Oli</i> dengan Polaritas DC-	56
Gambar 4.17 Struktur Mikro pada Batas HAZ Spesimen <i>Quenching Air</i> dengan Polaritas DC-	57
Gambar 4.18 Struktur Mikro pada <i>Weld Metal</i> Spesimen <i>Quenching Air</i> dengan Polaritas DC-	58

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Spesifikasi Elektroda HV 450.....	13
Tabel 3.1. Alat dan Bahan Penelitian.....	28
Tabel 4.1. Ketebalan Pelat <i>Pre</i> dan <i>Post Weld</i>	39
Tabel 4.2. Nilai Kekerasan <i>Vickers</i> Spesimen dengan Polaritas DC-.....	40
Tabel 4.3. Nilai Kekerasan <i>Vickers</i> Spesimen dengan Polaritas DC+.....	42

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Perhitungan Kekerasan VHN	62
Lampiran 2 Spesifikasi Elektroda HV 450	74
Lampiran 3 Data VHN dalam Monitor	75
Lampiran 4 Langkah – Langkah Kalibrasi Mesin Vickers	105
Lampiran 5 Langkah – Langkah Menghitung Arus (Ampere)	109
Lampiran 6 Titik Penusukan Uji Vickers	112
Lampiran 7 Dokumentasi Penelitian.....	113

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan dan perkembangan produksi manufaktur besar maupun kecil pada saat ini khususnya industri mesin, logam dasar, alat berat dan otomotif yang mengalami kenaikan cukup signifikan dibanding tahun sebelumnya merupakan kondisi yang menggembirakan bagi perekonomian Indonesia. Mengingat industri manufaktur merupakan sektor yang menyerap banyak tenaga kerja. Untuk itu, peran ilmu dan teknologi pengelasan menjadi penting bagi industri manufaktur di Indonesia, karena sebagian besar proses produksi di industri permesinan dan struktur menggunakan teknik pengelasan. Teknik pengelasan logam merupakan salah satu proses manufaktur yang banyak digunakan oleh berbagai industri. Disamping pada bidang otomotif, teknik pengelasan logam dipergunakan pula di perpipaan, perkapalan, jembatan dan bangunan lepas pantai.

Penggunaan aplikasi las bukan hanya untuk teknik penyambungan 2 material logam, tetapi juga dapat digunakan untuk penebalan pada suatu komponen. Teknik las penebalan adalah pengelasan untuk menambahkan material yang lebih keras pada permukaan material atau benda kerja las yang lain, dan teknik las penebalan ini banyak digunakan untuk komponen – komponen yang mudah aus seperti pada alat berat dalam pertambangan atau dalam industri kecil maupun perkapalan misalnya *scoops lift buckets* , *Ripper Teeth*, *Dozer Blades*, *Grader Blades*, pada *excavator*, *bull dozer*, *dump truck*, dan lain – lain. Dalam dunia alat-alat berat pasti ada bagian yang rusak, aus, dikarenakan pada saat

penggalian tanah, pengumpulan tanah, pengangkutan tanah pada saat alat berat sedang bekerja¹.

Bahan logam jenis baja adalah material yang sering digunakan dalam membuat paduan logam lain untuk mendapatkan sifat bahan yang diinginkan. Baja merupakan paduan yang terdiri dari besi, karbon dan unsur lainnya. Baja karbon di klasifikasikan menjadi 3 yaitu baja karbon rendah, baja karbon sedang, baja karbon tinggi. Baja dapat dibentuk melalui pengecoran, pencairan dan penempaan, Karbon merupakan unsur terpenting karena dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan baja. Baja merupakan logam yang paling banyak digunakan dalam bidang teknik, pada penggunaan logam baja seperti untuk poros, roda gigi, bucket. Namun, dalam industri menengah seperti pertanian, kendaraan yang sering digunakan adalah mobil excavator kecil yang bermaterial Baja karbon rendah memerlukan kekerasan yang tinggi, karena jika interaksi terjadi secara terus menerus dan dalam jangka waktu tertentu, maka gesekan-gesekan itu akan menimbulkan keausan. Keausan akan membesar bahkan benda tersebut akan habis karena terkikis pada batas tertentu sampai benda tersebut tidak bisa di pakai lagi. Dalam penelitian ini penulis membuat spesimen dengan baja karbon rendah.

Ada beberapa cara yang dipakai untuk meningkatkan ketahanan aus suatu benda kerja, salah satunya dengan meningkatkan kekerasan permukaan benda kerja. Peningkatan kekerasan akan berbanding lurus dengan meningkatnya

¹ Iskandar, M. A. (2013). Analisa Sifat Fisis dan Mekanis Tooth Bucket Excavator Sebelum dan Sesudah Proses Heat Treatment. *Tugas Akhir Universitas Muhammadiyah Surakarta*, 1.

ketahanan aus². Hal ini bisa dilakukan karena gesekan-gesekan hanya terjadi pada permukaan saja. Banyak sekali metode untuk peningkatan kekerasan permukaan, salah satunya adalah *Hardfacing*.

Teknik las penebalan pada suatu material untuk meningkatkan kekerasan pada permukaan melalui metode pengelasan disebut *hardfacing*³. Beberapa keuntungan yang bisa diperoleh dari metode pengelasan *hardfacing*, adalah hasil lasnya memiliki tingkat kekerasan yang tinggi, ketahanan aus yang tinggi, menghemat pemakaian baja paduan yang mahal, menurunkan *cost*, serta tersedianya berbagai macam material yang siap digunakan dengan metode ini.

Banyak metode yang digunakan untuk meningkatkan kekerasan permukaan baja salah satu yang terpenting dalam proses pengerasan pada baja adalah dengan metode *Quenching*⁴. Setelah baja di *hardfacing*, kemudian dilakukan *heat treatment* dengan *holding time* yang ditentukan, kemudian diberikan *quenching* secara cepat ke media pendingin yang digunakan. Dalam proses *heat treatment*, *holding time* dapat meningkatkan kekerasan suatu

² Pramono, A., Teknik, J., Fakultas, M., Universitas, T., Ageng, S., & Cilegon, T. (2011). Karakteristik Mekanik Proses Hardening Baja Aisi 1045 Media Quenching Untuk Aplikasi Sprocket Rantai. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 5(1), 37.

³ Pradeep, G. R. C., Ramesh, A., & Prasad, B. D. (2013). Comparative Study of Hard facing of AISI 1020 Steel by Three Different Welding Processes. *Global Journal of Researches in Engineering Mechanical and Mechanics Engineering Volume*, 13(4), 2.

⁴ D.E. Porter and K.E. Easterling. (1992). *Phase Transformations in Metals and Alloys* (2nd ed., p. 382). London: Chapman & Hall.

material⁵, Sehingga dalam metode pemadaman untuk meningkatkan kekerasan ini, transformasi fasa yang terbentuk adalah fasa martensit.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan persoalan yang telah diketahui tersebut, selanjutnya penulis dapat mengidentifikasi masalah diantaranya:

1. Komponen yang sering mengalami benturan atau gesekan dengan material lain.
2. Tingkat kekerasan pada permukaan material baja karbon rendah masih rendah.
3. Komponen yang cepat mengalami aus dan terkikis

1.3 Batasan Masalah

Masalah dalam penelitian ini di batasi hanya pada meningkatkan nilai kekerasan pada permukaan baja karbon rendah setelah dilakukan *heat treatment* selama 60 menit dengan variasi media *quenching* hasil *hardfacing* menggunakan pengelasan SMAW (*shield metal arc welding*) dengan polaritas DC- dan DC+

1.4 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang di cantumkan adalah bagaimana cara meningkatkan kekerasan pada permukaan baja karbon rendah setelah dilakukan *heat treatment* selama 60 menit dengan variasi media *quenching* hasil *hardfacing*

⁵ Bangsawan, I. G. (n.d.). Pengaruh Variasi Temperatur dan Holding Time dengan Media Oli SAE 40 terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Baja Assab 760. *Skripsi, UNS*.

menggunakan pengelasan SMAW (*shield metal arc welding*) dengan polaritas DC– dan DC+ ?

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui jenis polaritas yang menghasilkan nilai kekerasan tertinggi
2. Mengetahui media *quenching* yang menghasilkan nilai kekerasan tertinggi
3. Mengetahui struktur mikro yang terbentuk pada *weld metal* disemua spesimen

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian yang dilakukan adalah:

1. Penelitian ini diharapkan dapat mengembangkan ilmu dan potensi yang di miliki oleh penulis
2. Penelitian ini di harapkan dapat memberikan manfaat bagi banyak orang atau perusahaan yang membutuhkan
3. Penelitian ini diharapkan dapat di aplikasikan ke dunia industri otomotif, alat berat, perkapalan, dan lainnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 KAJIAN TEORI

2.1.1 Pengertian Pengelasan

Pengelasan merupakan penyambungan dua bahan atau lebih yang didasarkan pada prinsip-prinsip proses difusi, sehingga terjadi penyatuan bagian bahan yang disambung. Pengelasan adalah suatu proses penyambungan logam dimana logam menjadi satu akibat panas dengan atau tanpa tekanan, atau dapat didenifisikan sebagai akibat dari metalurgi yang ditimbulkan oleh gaya tarik menarik antara atom. Menurut definisi dari *Deutsche Industrie Normen* (DIN) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair⁶. Kelebihan sambungan las adalah konstruksi ringan, dapat menahan kekuatan yang tinggi, mudah pelaksanaannya, serta cukup ekonomis. Namun kelemahan yang paling utama adalah terjadinya perubahan struktur mikro bahan yang dilas, sehingga terjadi perubahan sifat fisik maupun mekanis dari bahan yang dilas. Perkembangan teknologi pengelasan logam memberikan kemudahan umat manusia dalam menjalankan kehidupannya.

Saat ini kemajuan ilmu pengetahuan di bidang elektronik melalui penelitian yang melihat karakteristik atom, mempunyai kontribusi yang sangat besar terhadap penemuan material baru dan sekaligus bagaimanakah menyambungnya. Jauh sebelumnya, penyambungan logam dilakukan dengan memanasi dua buah logam dan menyatukannya secara bersama. Logam yang

⁶ Wiryosumarto dan Okumura. *Teknologi Pengelasan Logam*, p.1.1998

menyatu tersebut dikenal dengan istilah fusion. Las listrik merupakan salah satu yang menggunakan prinsip tersebut.

Pada zaman sekarang pemanasan logam yang akan disambung berasal dari pembakaran gas atau arus listrik. Beberapa gas dapat digunakan, tetapi yang sangat populer adalah gas *Acetylene* yang lebih dikenal dengan gas Karbit. Selama pengelasan, gas *Acetylene* dicampur dengan gas Oksigen murni. Kombinasi campuran gas tersebut memproduksi panas yang paling tinggi diantara campuran gas lain.

Cara lain yang paling utama digunakan untuk memanasi logam yang dilas adalah arus listrik. Arus listrik dibangkitkan oleh generator dan dialirkan melalui kabel ke sebuah alat yang menjepit elektroda diujungnya, yaitu suatu logam batangan yang dapat menghantarkan listrik dengan baik. Ketika arus listrik dialirkan, elektroda disentuhkan ke benda kerja dan kemudian ditarik ke belakang sedikit, arus listrik tetap mengalir melalui celah sempit antara ujung elektroda dengan benda kerja. Arus yang mengalir ini dinamakan busur (*arc*) yang dapat mencairkan logam.

Terkadang dua logam yang disambung dapat menyatu secara langsung, namun terkadang masih diperlukan bahan tambahan lain agar deposit logam lasan terbentuk dengan baik, bahan tersebut disebut bahan tambah (*filler metal*). *Filler metal* biasanya berbentuk batangan, sehingga biasa dinamakan *welding rod* (Elektroda las). Pada proses las, *welding rod* ditenamkan ke dalam cairan logam yang tertampung dalam suatu cekungan yang disebut *welding pool* dan secara bersama-sama membentuk deposit logam lasan, cara seperti ini dinamakan Las Listrik atau SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*).

Sebagian besar logam akan berkarat (korosi) ketika bersentuhan dengan udara atau uap air, sebagai contoh adalah logam besi mempunyai karat, dan aluminium mempunyai lapisan putih di permukaannya. Pemanasan dapat mempercepat proses korosi tersebut. Jika karat, kotoran, atau material lain ikut tercampur ke dalam cairan logam lasan dapat menyebabkan kekroposan deposit logam lasan yang terbentuk sehingga menyebabkan cacat pada sambungan las.

2.1.2 Pengertian Las SMAW

Shielded Metal Arc Welding (SMAW) dikenal juga dengan istilah las dengan menggunakan elektroda terbungkus adalah suatu proses penyambungan dua logam atau lebih, menjadi suatu sambungan yang tetap, dengan menggunakan sumber panas listrik dan bahan tambah/pengisi berupa elektroda terbungkus. Pada proses las elektroda terbungkus, busur api listrik yang terjadi antara ujung elektroda dan *base metal*/benda kerja (base metal) akan menghasilkan panas. Panas inilah yang mencairkan ujung elektroda (kawat las) dan benda kerja secara setempat.

Busur listrik yang ada dibangkitkan oleh mesin las. Elektroda yang dipakai berupa kawat yang dibungkus oleh pelindung berupa fluks. Dengan adanya pencairan ini maka kampuh las akan terisi oleh logam cair yang berasal dari elektroda dan *base metal*, terbentuklah kawah cair, lalu membeku maka terjadilah logam lasan (*weldment*) dan terak (*slag*)⁷.

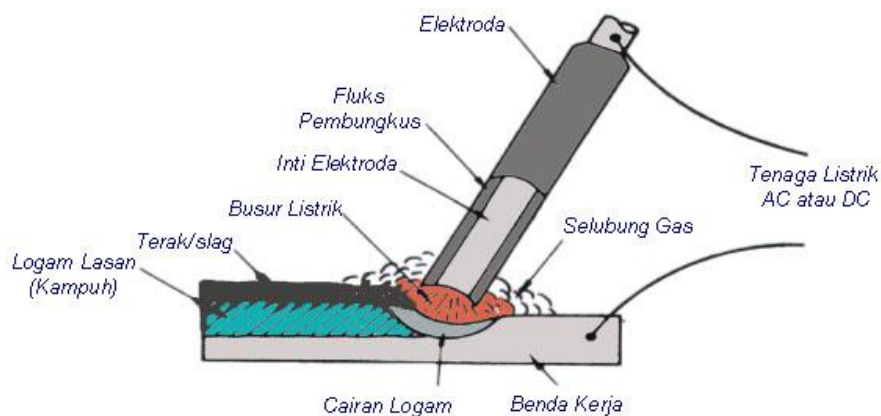
Dalam semua proses pengelasan mempunyai kelebihan dan kelemahan masing – masing. Kelebihan pengelasan SMAW diantaranya:

⁷ Marwanto,A. (2007). *Materi Lifeskill Las SMAW*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta

1. Dapat dipakai dimana saja, diluar, dibengkel & didalam air,
2. Dapat mengelas berbagai macam tipe dari material
3. Set-up yang cepat dan sangat mudah untuk diatur
4. Dapat dipakai mengelas semua posisi
5. Elektroda mudah didapat dalam banyak ukuran dan diameter
6. Perlatan yang digunakan sederhana murah dan mudah dibawa kemana – mana
7. Kebisingan rendah (rectifier)
8. Tidak terlalu sensitif terhadap korosi, oli & gemuk

Kelemahan pengelasan SMAW diantaranya:

1. Pengelasan terbatas hanya sampai sepanjang elektroda dan harus melakukan penyambungan
2. Setiap akan melakukan pengelasan berikutnya slag harus dibersihkan
3. Tidak dapat digunakan untuk pengelasan bahan baja non- ferrous
4. Mudah terjadi oksidasi akibat pelindung logam cair hanya busur las dari fluks.
5. Diameter elektroda tergantung dari tebal pelat dan posisi pengelasan



Gambar 2.1 Pengelasan SMAW

Dalam proses pengelasan, busur listrik ditimbulkan dengan menggunakan arus bolak balik (AC) atau dengan arus searah (DC). Tetapi karena pertimbangan biaya, mudahnya penggunaan dan sederhana perawatannya, maka pengelasan menggunakan arus AC lebih banyak digunakan. Keunggulan menggunakan arus DC adalah mantapnya busur listrik yang ditimbulkan, sehingga sangat sesuai untuk pengelasan pelat-pelat tipis. Arus listrik searah ini ini terbagi menjadi dua yaitu pengkutuban langsung dan pengkutuban terbalik. Pengkutuban langsung yaitu elektroda dihubungkan pada terminal negative dan benda kerja pada terminal positif pengkutuban langsung ini disebut sebagai sirkuit las busur dengan elektroda negative (DC-). Pengkutuban langsung menghasilkan penembusan yang dalam, karena panas pada benda kerja begitu tinggi. Pengkutuban terbalik yaitu elektroda dihubungkan pada terminal positif dan benda kerja pada terminal negatif. Pengkutuban terbalik ini sering disebut sebagai sirkuit las busur dengan elektroda positif (DC+). Pengkutuban terbalik ini menghasilkan penembusan yang dangkal karena sebagian besar panasnya diserap oleh elektroda⁸

2.1.3 Elektroda HV 450

Pemilihan *weld metal* las berupa elektroda las sebagai *weld metal* dalam pengelasan, begitu juga fluks dan gas sebagai pelindung. Berkaitan dengan sifat mekanis *base metal* las yang dikhendaki, maka apabila salah dalam pemilihan akan menyebabkan kegagalan pengelasan. Pemilihan *weld metal* dapat ditentukan

⁸ Wiryosumarto dan Okumura (2007). *Teknologi Pengelasan Logam*, Op.cit. p.20

oleh jenis proses las yang akan digunakan, jenis material yang akan dilas, design sambungan las, dan perlakuan panas.

Agar dapat memilih elektroda yang tepat sesuai dengan standar dan dapat menghasilkan sambungan las yang dapat diterima sesuai dengan persyaratan standar maka *weld metal* yang dipilih sesuai dengan sifat *base metal*nya. Fungsi, jenis klasifikasi, karakteristik, dan pengujian dari elektroda pada proses pengelasan harus mendapat jaminan perusahaan pembuat elektroda tersebut bersertifikasi dalam hal tersebut.

Weld metal yang dipakai dalam proses pengelasan menggunakan mesin las SMAW adalah elektroda terbungkus fluks. Elektroda ini terdiri dari 2 bagian yaitu:

1. Kawat inti

Kawat inti yang berfungsi sebagai *weld metal* ini terbuat dari bahan logam yang disesuaikan dengan *base metal* yang akan dilas, seperti *mild steel*, *low carbon steel*, *alloy steel*. Komposisi kimia dari kawat inti ini cukup berpengaruh terhadap sifat mekanis dari logam las yang terbentuk, dan yang paling berpengaruh terhadap sifat mekanik logam las ini adalah material dari *coating* yaitu *fluks*. Inti elektroda sebagai penghantar arus listrik dari tang elektroda ke busur yang terbentuk, setelah bersentuhan dengan benda kerja.

2. Fluks (Pembungkus)

Dalam proses pengelasan, pembungkus elektroda ini akan terbakar dan membentuk terak (*slag*) cair yang kemudian membeku sehingga melindungi logam las dari pengaruh atmosfer atau mencegah

terhadap kontaminasi dari udara sekitar. Jika pengelasan dilakukan dengan elektroda telanjang, elektroda akan menempel pada *base metal*, menghalangi penyalaan busur atau menyebabkan busur mati. Hal ini menghasilkan rigi tidak teratur atau lubang-lubang kecil.

Pembungkus elektroda juga berfungsi untuk memberikan gas pelindung pada logam yang dilas, melindungi kontaminasi udara pada waktu logam dalam keadaan cair, membentuk lapisan terak, yang melapisi hasil pengelasan dari oksidasi udara selama proses pendinginan, mencegah proses pendinginan agar tidak terlalu cepat. memudahkan penyalaan, mengontrol stabilitas busur.

Salutan elektroda peka terhadap lembab, oleh karena itu elektroda yang telah dibuka dari bungkusnya disimpan dalam kabinet pemanas (oven) yang bertemperatur kira-kira 150 C lebih tinggi dari temperatur udara luar. Apabila tidak demikian, maka kelembaban akan menyebabkan, salutan mudah terkelupas, sehingga sulit untuk menyalakan percikan yang berlebihan busur tidak stabil, asap yang berlebihan.

Elektroda diproduksi dengan standar ukuran panjang dan diameter. Diameter elektroda diukur pada kawat intinya. Ukuran diameter elektroda secara umum berkisar antara 1,5 sampai dengan 7 mm, panjang antara 250 – 450 mm serta dengan tebal salutan antara 10% - 50% dari diameter elektroda. Dalam perdagangan elektroda tersedia dengan beratnya 25 kg, 20 kg, atau 5 kg; dibungkus dalam dus atau kemasan yang terbuat dari kertas dan lapisan plastik pada bagian luarnya. Biasanya pada tiap kemasan dituliskan ukuran elektroda,

yaitu : berat per kemasan/kotak dan diameter elektrodanya, disamping identitas atau keterangan lain, antara lain : merk / pabrik pembuat, kode produksi dan kode elektroda, ketentuan-ketentuan penggunaan, dll

Pemilihan *weld metal* dapat ditentukan oleh jenis proses las yang akan digunakan, jenis material yang akan dilas, ketebalan material las, pemilihan kampuh sambungan las, dan perlakuan panas dan kebutuhan penggunaan dari material yang akan dilas. Dalam penelitian ini kebutuhan yang diperlukan adalah pengelasan penebalan untuk material yang aus atau terkikis, oleh karena itu peneliti memilih elektroda HV 450 atau JIS Z 3521 DF2A-450-R. elektroda ini mempunyai nilai kekerasan sampai 450 VHN. Spesifikasi elektroda HV 450 terdapat pada tabel dibawah.

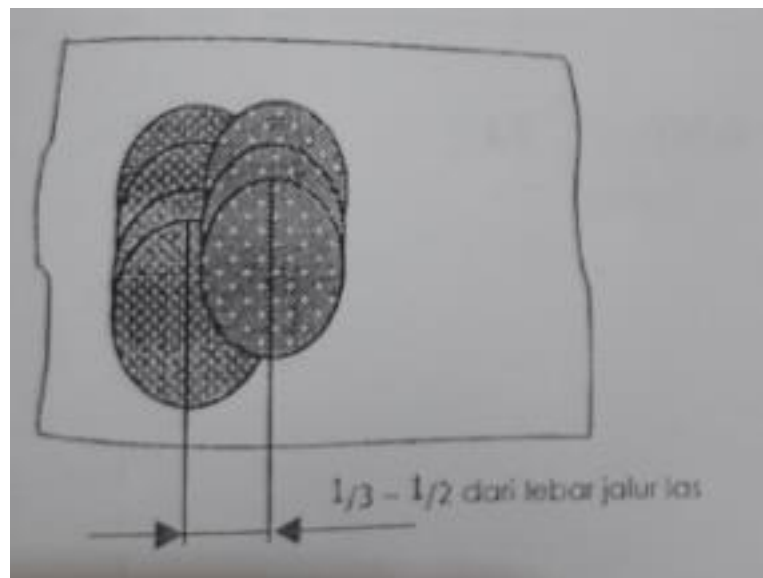
Tabel 2.1 Spesifikasi Elektroda HV 450/ JIS Z 3521 DF2A-450-R

Elektroda	C	Mn	Si	S	P	Cr	V	Mo
HV 450	0.25	0.75	0.5	0.02	0.02	2.1	0.2	0.6

Pada tabel 2.1 dapat kita lihat komposisi dari elektroda HV 450 ini mempunyai paduan chromium 2.1%, Vanadium 0.2% dan Molibdenum 0.6%, unsur – unsur ini sebelumnya tidak terdapat di baja karbon rendah, oleh karena itu peneliti menggunakan bahan elektroda HV 450 sebagai bahan tambah untuk pengelasan *hardfacing*, diharapkan pada penelitian ini dapat meningkatkan kekerasan pada permukaan baja karbon rendah.

2.2. *Hardfacing*/Las Penebalan pada permukaan

Hardfacing yang juga dikenal sebagai permukaan keras adalah penerapan pembentukan deposit paduan khusus dengan cara proses pengelasan untuk menahan abrasi, korosi, temperatur tinggi atau benturan, paduan semacam itu dapat diendapkan pada permukaan, ujung atau hanya titik bagian yang harus dipakai. Pengerasan pada permukaan melalui metode pengelasan ini dapat mengembalikan komponen dan memperpanjang masa kerja⁹.



Gambar 2.2 Pengelasan *Hardfacing* dengan las SMAW¹⁰

Pada gambar 2.1 di atas menunjukkan cara pengelasan *hardfacing* dengan menggunakan las SMAW, elektroda harus menyentuh jarak sekitar $\frac{1}{3} - \frac{1}{2}$ dari lebar jalur las, agar semua sisi dari jalur las dapat terisi tidak ada ruang untuk terak mengumpul.

⁹ Digambar, B., & Choudhary, D. (2014). A Review Paper On *Hardfacing* Processes , Materials , Objectives and Applications. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 3(6), 2400.

¹⁰ Adiansyahrie. (2010). Melakukan Rutinitas Pengelasan dengan Las Busur Manual. In *Kompetensi Keahlian Teknik Pengelasan SMK Negeri 53 Jakarta* (p. 46). Jakarta

Aplikasi *hardfacing* yang sangat mudah kita temui adalah ketika pada komponen alat berat yang aus atau terkikis. Agar mengurangi cost produksi perusahaan banyak yang menggunakan metode *hardfacing* ini, selain itu metode ini sangat lah mudah karena dalam prosesnya alat alat yang digunakan mudah untuk dipersiapkan. Pada proses yang akan dilakukan, hal terpenting yang perlu diperhatikan adalah material pengisi harus mempunyai sifat kekerasan yang tinggi dibanding dengan material dasarnya.

2.3 Baja Karbon

Baja karbon adalah paduan antara Fe dan C dengan kadar C sampai 2,14%. Sifat-sifat mekanik baja karbon tergantung dari C yang dikandungnya, setiap baja termasuk baja karbon sebenarnya adalah paduan multi komponen yang disamping Fe selalu mengandung unsur-unsur lain seperti Mn, Si, S, P, N, H, yang dapat mempengaruhi sifat-sifatnya. Baja karbon dapat diklasifikasikan menjadi tiga bagian menurut kadar karbon yang dikandungnya, yaitu baja karbon rendah dengan kadar karbon kurang dari 0,30%, baja karbon sedang mengandung 0,30-0,60% karbon, dan baja karbon tinggi mengandung 0,60 – 1,5% karbon.

Baja karbon rendah ini mempunyai karakteristiknya yang mudah untuk dijadikan bahan fabrikasi atau konstruksi. Karena baja karbon rendah ini merupakan baja paduan mikro berkadar karbon rendah (0.05 - 0,30% C). jika dilihat dari kadar karbonnya, baja jenis ini mempunyai nilai kekerasan yang masih rendah.

Berdasarkan kadar karbon yang sedikit membuat material baja karbon rendah ini dapat dengan mudah dibentuk. Baja karbon rendah ini banyak digunakan untuk kapal, ada juga yang digunakan untuk alat berat untuk industri kecil seperti pada bidang pertanian. Peneliti memilih material ini untuk proses *hardfacing* karena berdasarkan komposisi yang tercantum menunjukkan nilai kekerasan yang kecil. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, peneliti ingin meningkatkan nilai kekerasan baja karbon rendah ini dengan metode *hardfacing* dan kemudian dilakukan *heat treatment* dengan temperatur 1000⁰ C selama 60 menit kemudian dicelupkan dalam media *quenching* oli dan air.

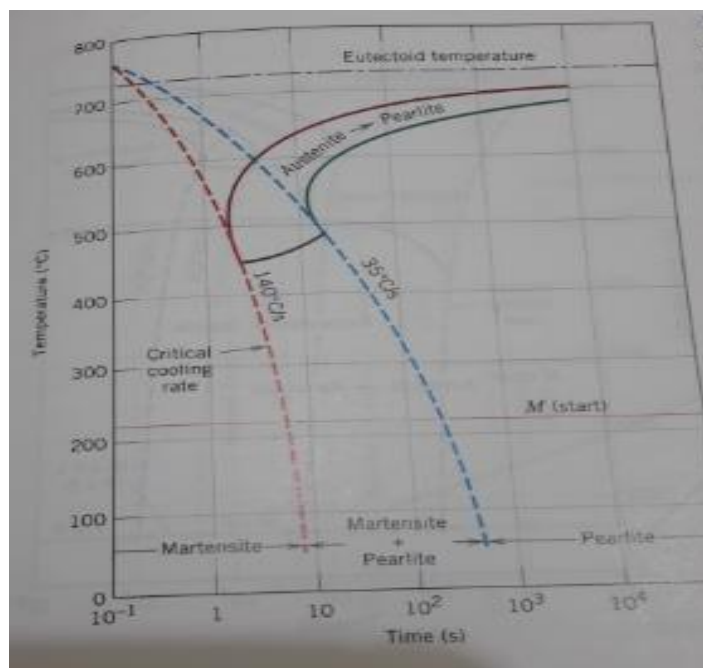
2.4 Heat treatment

Untuk mendapatkan nilai kekerasan yang tinggi diperlukan metode *heat treatment*, yaitu proses pemanasan dalam furnace dengan temperatur tinggi hingga mencapai temperatur austenit. Dalam proses perlakuan panas untuk mendapatkan fasa martensit pada baja biasanya berhubungan dengan pendinginan yang dilakukan secara cepat dari temperatur austenit dalam beberapa media pendingin seperti air, oli, atau udara¹¹. Dalam proses ini, temperatur dan waktu penahan sangatlah berperan penting agar dapat fasa martensit yang mendominasi keseluruhan permukaan material.

Martensit terbentuk ketika material berada pada temperatur austenit dan kemudian dilakukan *quenching*/pendinginan secara cepat menuju temperatur

¹¹ Callister D. William and Retchwisch G. David. (2011). Materials Science and Engineering. In *SI Version, Eighth Edition* (8th ed., p. 425). Asia: Wiley John & Sons.

kamar atau temperatur lingkungan sekitar¹². Jika pendinginan yang dilakukan terlalu lambat maka kemungkinan fasa yang terbentuk adalah bainit, pearlit. Perlu diperhatikan waktu pendinginan agar fasa martensit yang terbentuk mempunyai jumlah yang mendominasi. Karena jumlah martensit yang terbentuk menunjukkan nilai kekerasan pada suatu material. Hubungan temperatur, waktu dan transformasi fasa yang terbentuk akan ditunjukkan pada gambar dibawah.



Gambar 2.3 Diagram *Continuous Cooling Transformation*¹³

2.5 Pengujian Kekerasan

Kekerasan adalah ketahanan material terhadap deformasi plastis yang diakibatkan oleh tekanan atau goresan dari benda lain. Kekerasan merupakan sifat

¹² Ibid: p. 362

¹³ Ibid: p. 369

suatu logam, yang memberi kemampuan logam tahan terhadap deformasi permanen (bengkok, rusak, atau bentuk yang berubah), ketika suatu beban diterapkan. Pada umumnya, kekerasan menyatakan ketahanan terhadap deformasi dan untuk logam dengan sifat tersebut merupakan ukuran ketahanannya terhadap deformasi plastik¹⁴. Dalam mekanika pengujian bahan, banyak yang mengartikan kekerasan sebagai ukuran ketahanan terhadap lekukan. Untuk para perancang bangunan, kekerasan sering diartikan sebagai ukuran kemudahan dan kuantitas khusus yang menunjukkan sesuatu mengenai kekuatan dan perlakuan panas dari suatu logam. Dari uraian singkat di atas maka kekerasan suatu material dapat didefinisikan sebagai ketahanan material tersebut terhadap gaya penekanan dari material lain yang lebih keras. Dalam pengujian kekerasan ini di bagi menjadi beberapa metode¹⁵ yaitu :

1. Metode Brinell
2. Metode Vickers
3. Metode Rockwell
4. Metode Meyer

Dalam proses pengujian kekerasan tentunya menggunakan prinsip beban yang ditekan akan menghasilkan nilai kekerasan dengan perhitungan masing masing dari metode yang digunakan. Nilai kekerasan yang didapatkan dari salah satu metode yang digunakan ini menjadi sebuah kesimpulan yang menunjukan

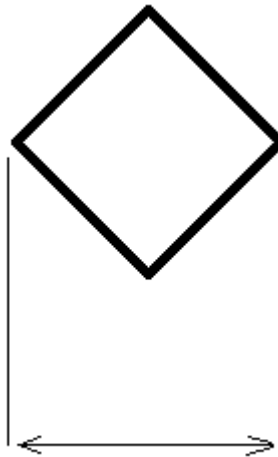
¹⁴ Dieter E. George. (1988). Mechanical Metallurgy. In Bacon David (Ed.), *Materials Science & Metallurgy* (SI Metric, p. 325). London.

¹⁵ Eddy. 2014. *Materi Uji Kekerasan dan Impak*. <http://eddme27.blogspot.co.id/2014/11/bab-i-pendahuluan-1.html> (10 April 2017)

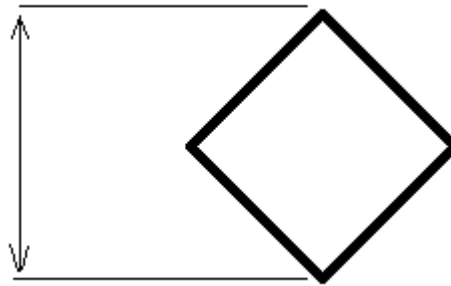
sifat keras pada material yang diujikan. Akan tetapi semakin keras suatu material maka akan semakin getas pula material tersebut. Namun sifat kekerasan ini dapat lebih berguna dalam alat – alat yang mudah aus akibat goresan benda lain seperti alat berat dalam bidang pertanian, pertambangan dan lainnya.

Pada dasarnya semua metode uji kekerasan mempunyai keunggulan masing – masing, akan tetapi dalam penelitian ini alat uji dari pegujian kekerasan yang digunakan adalah uji *vickers*. Uji kekerasan Vickers ini adalah metode pengujian yang menggunakan piramida berbentuk intan 136^0 sebagai indentornya¹⁶. Prinsip pengujian metode ini sama dengan metode brinell, dalam proses metode Brinell ini jejak yang dihasilkan berbentuk bola sedangkan dalam proses metode uji vickers jejak yang dihasilkan berbentuk belah ketupat dengan diagonal 1 dan diagonal 2. Panjang diagonal diukur dengan skala pada mikroskop pengukur jejak yang dihasilkan, cara penghitungan dapat ditunjukkan pada gambar 2.2 dan 2.3 dibawah.

¹⁶ Dieter E. George. (1988).Op.cit.p.331.



Gambar 2.4 Mengukur Diagonal 1



Gambar 2.5 Mengukur Diagonal 2

Uji kekerasan Vickers banyak dilakukan pada pekerjaan penelitian karena selain cara menggunakannya mudah metode ini juga memberikan hasil berupa skala kekerasan yang kontinu. Hasil kekerasan uji Vickers dinamakan VHN atau *Vickers Hardness Number* dengan rumus sebagai berikut¹⁷

¹⁷ *Ibid.* p.331

Rumus :

$$\text{VHN} = \frac{2P \sin(\frac{\theta}{2})}{L^2} = \frac{1,854 \times P}{L^2} \text{ (Kgf/mm}^2\text{)}$$

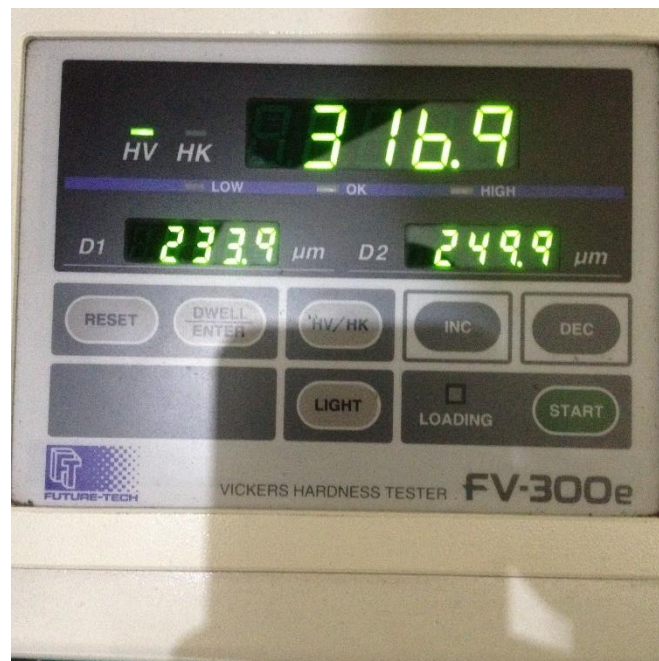
$$L = \frac{d_1 + d_2}{2} \text{ (mm)}$$

Gambar 2.6 Rumus VHN

Keterangan :

P = Load/beban (kg) θ = Sudut piramida intan 136°

D = Diagonal (mm) L = Luas Belah ketupat



Gambar 2.7 Hasil VHN pada Monitor komputerisasi

Namun dalam perkembangan zaman yang sangat pesat, proses pengujian menggunakan metode vickers ini sudah otomatis tersinkron dengan sistem komputerisasi, sehingga peneliti tidak lagi menghitung secara manual nilai kekerasan yang dihasilkan dari uji kekerasan ini sebagai mana pada gambar 2.6 di atas. Namun jika dihitung dengan rumus yang terdapat pada gambar 2.5 akan

menghasilkan nilai kekerasan yang sama atau tidak berbeda jauh dengan sistem yang sudah komputerisasi.

2.6 Struktur Mikro

Dalam proses pengelasan untuk mengetahui fasa yang terbentuk tentunya dengan cara pengamatan struktur mikro dibawah mikroskop. Bagian yang biasa di amati untuk mengetahui fasa yang terbentuk ada beberapa bagian yaitu *base metal*, HAZ (*Heat Affected Zone*) dan *weld metal*. *Base metal* adalah logam dasar yang akan dilakukan proses pengelasan namun daerah las pada base metal ini tidak terpengaruh panas sehingga perubahan struktur mikronya tidak terjadi. HAZ atau *heat affected zone* adalah daerah antara *base metal* dan *weld metal* yang terpengaruh panas akibat adanya heat input dari proses pengelasan yang dilakukan. *Weld metal* adalah bagian logam yang mencair akibat proses pengelasan dan kemudian membeku sehingga *weld metal* menyatu dengan *base metalnya*.

Dalam proses untuk melakukan pengamatan struktur mikro ini, langkah pertama yang harus dilakukan adalah pemolesan pada permukaan spesimen yang akan dilakukan pengamatan struktur mikro dengan menggunakan mesin poles dan amplas dengan tingkat kekasaran 220 s/d 1500.



Gambar 2.8 Mesin Poles



Gambar 2.8 Amplas

Setelah dilakukan proses pemolesan menggunakan mesin poles dan amplas dari tingkat yang paling rendah sampai yang tertinggi dengan hasil goresan yang terbentuk sudah tidak kelihatan, langkah selanjutnya adalah pemolesan yang ditambah autosol di atas kain biru untuk mendapatkan hasil yang bersih mengkilap seperti kaca.



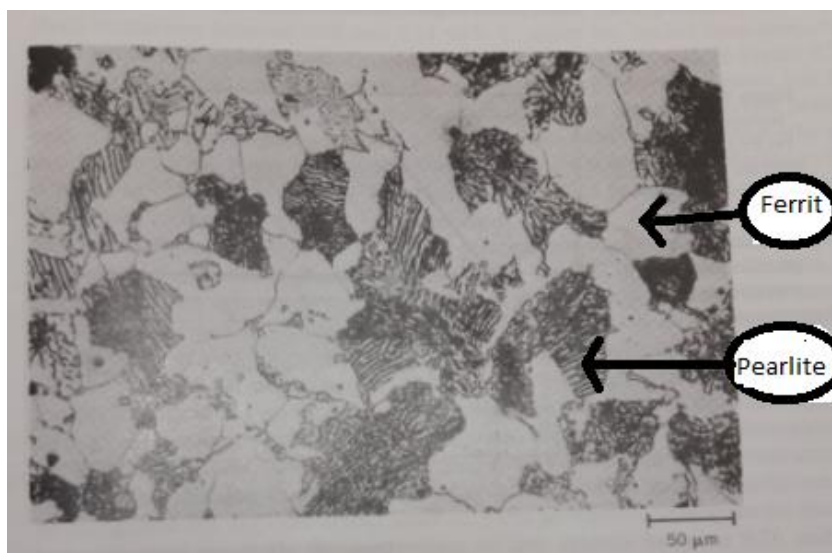
Gambar 2.10 Autosol

Setelah spesimen sudah terlihat mengkilap dan seperti kaca, langkah selanjutnya adalah melakukan etching atau biasa dikenal dengan mengetsa, mencelupkan spesimen kedalam larutan asam dengan perbandingan campuran HNO_3 4 ml + Alkohol 96 ml. ketika saat spesimen dicelupkan, waktu penahan dalam larutan berbeda beda, dikarenakan antara *base metal* dan *weld metal* berbeda paduan unsurnya. Dari hasil etsa tersebut kita dapat melihat struktur mikro pada *base metal*, HAZ dan *weld metal* pada mikroskop optik.



Gambar 2.11 Mikroskop Optik

Dalam pengamatan struktur mikro yang dilakukan, fasa yang terbentuk yaitu ferrit, pearlite, bainit, martensit. Fasa austenite akan terbentuk pada baja yang diperlakukan panas dengan temperatur yang tinggi. Jika pada fasa austenite akan dilakukan pendinginan yang lambat maka fasa yang terbentuk adalah fasa pearlite dan ferrit. Sedangkan jika pada fasa austenite dilakukan pendinginan secara cepat maka fasa yang terbentuk adalah fasa martensit.



Gambar 3.12 Ferrit dan Pearlite



Gambar 3.13 Martensit

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini metode yang digunakan adalah metode ekperimental, dapat diartikan sebagai metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendali¹⁹. Metode ini dilakukan di laboratorium yang mempunyai standarisasi yang baik maupun kualitas dari alat yang digunakan.

Metode eksperimen yang dilakukan pada penelitian ini adalah meneliti bagaimana cara mengetahui tingkat kekerasan baja karbon rendah setelah dilakukan *heat treatment* dengan temperatur 1000⁰C selama 60 menit dan di quenching menggunakan media *quenching* air dan oli dari hasil *hardfacing* menggunakan pengelasan SMAW dengan polaritas DC- dan DC+.

Kemudian melakukan pengamatan struktur mikro pada setiap spesimen yang telah dilakukan treatment atau tidak dilakukan treatment. Untuk mengetahui perbedaan fasa yang terbentuk pada setiap spesimen, karena pada struktur mikro ini fasa yang terbentuk mempengaruhi nilai kekerasan pada setiap material.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Proses penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli – Desember 2017, dan tempat yang digunakan sebagai berikut:

¹⁹Sugiyono, P. D. (2009). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D* (8th ed.). Bandung: Alfabeta.

1. Pembelian material baja karbon rendah, Elektroda HV 450 serta alat dan bahan lain yang digunakan untuk kebutuhan selama penelitian berlangsung di toko glodok dan toko material terdekat.
2. Proses pengelasan yang telah dilaksanakan di Laboratorium Produksi Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta.
3. Pemotongan pelat yang telah dilakukan di Laboratorium Produksi Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta.
4. Proses *heat treatment* yang telah dilaksanakan di Laboratorium Fisika Fakultas MIPA Universitas Indonesia
5. Proses pembuatan spesimen untuk pengujian kekerasan dan struktur mikro di Laboratorium Produksi Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta.
6. Proses pemolesan spesimen untuk pengujian kekerasan dan struktur mikro di Laboratorium Material Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta
7. Proses pengetsaan spesimen untuk struktur mikro dilaksanakan di Laboratorium Material Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta
8. Proses uji kekerasan yang telah dilaksanakan di Laboratorium Material Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta.
9. Proses pengamatan struktur mikro yang telah dilaksanakan di Laboratorium Material Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta.

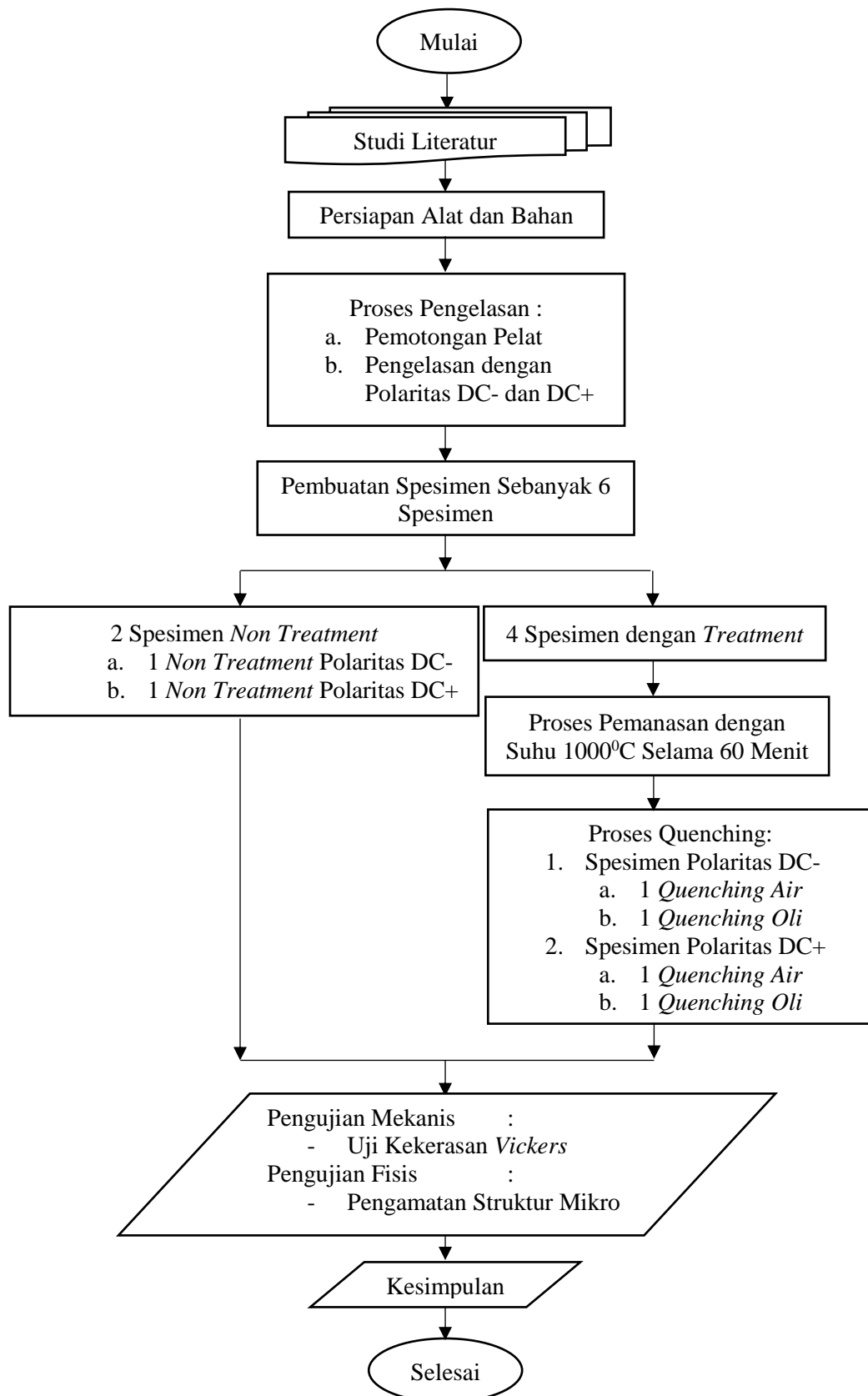
3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Dalam proses penelitian haruslah mempersiapkan dan memperhatikan ketersediaan alat dan bahan yang akan digunakan. Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam proses penelitian ini sebagai berikut :

Tabel 3.1 Alat dan Bahan Penelitian

No.	Alat - Alat	Bahan Penelitian	Alat Pelindung
1	1 Mesin Las SMAW	2 Baja Karbon Rendah 100x60mm	1 Helm Las
2	1 Tang Jepit	2 bungkus Elektroda HV 450	1 <i>Apron</i>
3	1 Palu Terak	1 Autosol	4 Sarung Tangan
4	3 Sikat Kawat	1 liter Oli	1 pasang Sepatu <i>Safety</i>
5	2 Gerinda Tangan	1 liter Air	1 Celana Tebal
6	1 Penggaris Besi	1 liter Alkohol	2 Kaca Mata Las
7	1 Gergaji Besi	50 ml Asam Nitrat (HNO ₃)	2 Masker
8	8 Amplas	3 bungkus Sabun Colek	1 <i>wearpack</i>
9	1 Gerinda otomatis		
10	1 Mesin Uji keras		
11	1 Mikroskop Optik		
12	1 Mesin Poles		
13	1 <i>Hairdryer</i>		
14	5 Gerinda Sikat		
15	2 Gelas ukur		
16	2 Pipet		
17	1 <i>Furnace</i>		

3.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.5 Proses Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini teknik dan proses pengumpulan data diambil menggunakan metode eksperimen yang dilakukan dengan meneliti Pengaruh media *quenching* air dan oli terhadap nilai kekerasan permukaan baja karbon rendah pasca dilakukan *hardfacing* menggunakan las SMAW dengan elektroda HV 450. Sebelum melakukan proses pengumpulan data, harus memperhatikan tahapan sebagai berikut:

- a. Perencanaan Pembuatan spesimen sampai uji struktur mikro
 1. Membuat Spesimen sebanyak 6 spesimen yang terdiri 1 spesimen *non treatment* polaritas DC-, 1 Spesimen *non treatment* polaritas DC+, 1 spesimen *quenching* air polaritas DC-, 1 Spesimen *quenching* oli polaritas DC-, 1 spesimen *quenching* air polaritas DC+ dan 1 spesimen *quenching* oli polaritas DC+. Dengan ukuran 5cm x 20cm untuk setiap spesimennya.
 2. Kemudian dilakukan *heat treatment* dengan temperatur 1000⁰ C dengan *holding time* 60 menit
 3. Melaksanakan proses *quenching*
 4. Melakukan pengujian kekerasan
 5. Pengamatan struktur mikro
- b. Proses Pembuatan Spesimen
 1. Setelah pengukuran, selanjutnya melakukan proses pemotongan dan pengelasan.
 2. Setelah pengelasan semua selesai, selanjutnya meratakan permukaan yang telah dilas dengan menggunakan gerinda otomatis.

3. Meyiapkan spesimen untuk di lakukan *heat treatment*



Gambar 3.2 Proses Pengelasan *Hardfacing*



Gambar 3.3 Hasil Pemotongan Pelat



Gambar 3.5 Proses *Heat Treatment* dengan Temperatur 1000⁰C



Gambar 3.6 Spesimen Hasil *Heat Treatment* dan *Quenching*

d. Proses Uji Kekerasan

Langkah – Langkah yang dilakukan dalam proses uji kekerasan sebagai berikut:

1. Menyiapkan spesimen uji sebanyak 6 spesimen, setiap spesimen dengan polaritas berbeda dan *quenching* berbeda akan diuji.
2. Memastikan mesin uji kekerasan siap digunakan.
3. Kemudian ikutilah penggunaan mesin uji keras vickers sesuai dengan SOP (*Standar Operasional Prosedur*) yang telah ada.



Gambar 3.7 Proses Uji Keras Vickers

e. Pemolesan Spesimen untuk pengamatan struktur mikro

1. Siapkan spesimen dan amplas yang akan digunakan dalam proses pemolesan.
2. Kemudian amplas spesimen menggunakan mesin poles otomatis, dimulai dengan amplas tingkat kekasaran yang rendah sampai kekasaran yang tinggi

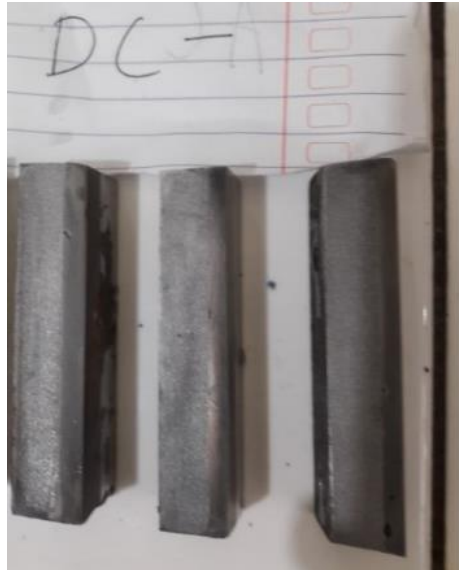
3. Setelah itu, poleslah spesimen ditambah dengan autosol diatas kain biru agar mendapatkan hasil yang bersih mengkilap seperti kaca.
4. Setelah spesimen sudah terlihat seperti kaca, langkah selanjutnya pengetsaan



Gambar 3.8 Proses Pemolesan dengan Mesin Poles

f. Proses Pengetsaan

1. Setelah spesimen sudah terlihat seperti kaca, langkah selanjutnya Pengetsaan
2. Membuat larutan asam HNO_3 4% dicampur dengan alkohol 96%
3. Setelah larutan etsa sudah jadi, langkah sekanjutnya adalah celupkan spesimen kedalam larutan etsa pada waktu yang berbeda untuk setiap spesimen.
4. Setelah dicelupkan dalam waktu tertentu, kemudian spesimen dikeringkan menggunakan *hair dryer*.



Gambar 3.9 Pengetsaan

g. Proses Pengamatan Struktur Mikro

1. Setelah spesimen sudah kering, kemudian letakkan spesimen pada mikroskop optic.
2. Setelah itu lihatlah struktur mikro yang terbentuk pada monitor atau secara komputerisasi



Gambar 3.10 mesin mikroskop optik

BAB IV

PEMBAHASAN DAN HASIL

4.1 Pengukuran Pelat Hasil *Hardfacing*

Proses pengelasan pada permukaan ini menggunakan mesin las SMAW, dengan 2 polaritas yaitu DC+ dan DC-. Pengelasan pada permukaan dilakukan sebanyak 2 *layer*. Setelah dilakukan proses pengelasan pada permukaan *base metal* atau logam induk, langkah selanjutnya pengukuran tebal pelat hasil pengelasan.



Gambar 4.1 Hasil Pengelasan



Gambar 4.2 Perbedaan tebal *Pre* dan *Post Weld*

Pada hasil pengelasan yang dilakukan sebanyak 2 *layer* pada pelat menambah ketebalan permukaan pelat dengan tebal 7 - 8mm dengan *ampere* yang sama kedua polaritas. Pada gambar 4.2 menunjukkan perbedaan ketebalan yang terjadi setelah dilakukan pengelesan 2 *layer*. Angka ketebalan dapat ditunjukkan dalam tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1 Ketebalan *Pre* dan *Post Weld Metal*

NO	POLARITAS	AMP.		TICKNESS/mm		
		LAYER 1	LAYER 2	BASE METAL	LAYER 1	LAYER 2
1	DC+	110	120	8	12	16
2	DC-	110	120	8	12	15

Pada hasil pengelasan permukaan, polaritas DC- dan DC+ memiliki ketebalan yang tidak jauh berbeda ketebalannya, bertambah 7mm - 8mm dari ketebalan material induknya.

4.2 Hasil *Heat treatment* dengan *Quenching* oli dan air

Proses yang dilakukan setelah mengukur ketebalan plat adalah membuat spesimen untuk uji keras. Plat dengan ukuran 100 x 60 akan di potong menjadi 3 bagian untuk spesimen uji keras. Sebelum dilakukan uji keras, langkah selanjutnya adalah dilakukan *heat treatment* pada temperatur 1000⁰ C dengan *holding time* 60 menit.

**Gambar 4.3 Spesimen Hasil *Quenching* Oli dan Air**

4.3 Analisa dan Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dalam penelitian ini menggunakan metode *vickers microhardness* dengan berat beban/*load* dari indenter adalah 10 Kg. Pengujian dilakukan pada 3 spesimen dimasing – masing polaritas DC- dan DC+ diantaranya yaitu 1 spesimen *non treatment*, 1 spesimen *treatment* dengan *quenching* air, 1 spesimen *treatment* dengan *quenching* oli. Masing – masing spesimen akan dilakukan penusukan sebanyak 5 titik pada spesimen logam lasan *non treatment*, dan 5 titik pada spesimen logam lasan setelah dilakukan *treatment* dengan *quenching* air dan oli. Jadi, total spesimen yang diuji keras adalah 6 spesimen.

4.3.1 Hasil Uji Kekerasan *Vickers*

Tingkat kekerasan pada suatu material dapat ditunjukan dengan nilai yang dihasilkan pada pengujian yang digunakan, baik pengujian fisis maupun mekanis. Salah satu untuk mengetahui nilai kekerasan suatu material yaitu menggunakan uji kekerasan dengan metode *vickers*, dimana piramida intan sebagai media identornya, kemudian menghasilkan gambar belah ketupat meliputi diagonal 1 dan diagonal 2.

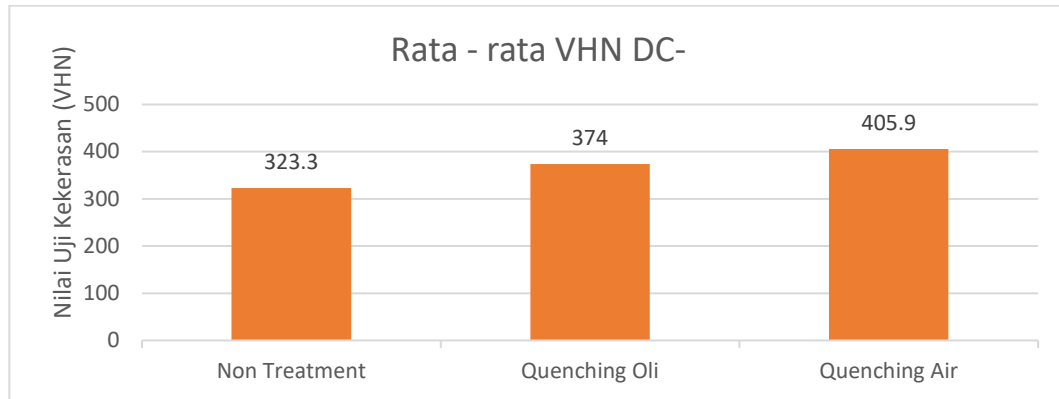
Setelah melakukan proses *heat treatment* dengan *quenching* air dan oli pada hasil pengelasan permukaan baja karbon rendah, diharapkan dapat meningkatkan nilai kekerasan. Pada tabel dan grafik dibawah menunjukan tingkat nilai kekerasan 6 spesimen pada permukaan material baja karbon rendah setelah dilakukan *hardfacing*. Dari media *quenching* yang digunakan akan terlihat perbedaan nilai kekerasan yang terjadi. Dalam penelitian ini, tujuan dari pengujian kekerasan untuk meningkatkan nilai kekerasan dari suatu material agar umur pakai material

lebih lama, mengurangi *cost* perawatan dari setiap material yang sudah aus umur pakainya perlu dilakukan reparasi. Metode ini dapat dengan mudah dilakukan karena penggunaan alat las yang bisa dibawa kapan saja dan dimana saja diperlukan.

Perbedaan tingkat kekerasan pada permukaan baja karbon rendah setelah dilakukan hardfacing dengan variasi media *quenching* dapat dilihat pada tabel – tabel dan grafik – grafik dibawah ini.

Tabel 4.2 Nilai Kekerasan Vickers Spesimen dengan Polaritas DC-

NO	SPESIMEN	PENUSUKAN	d1/ μm	d2/ μm	VHN (Kgf/mm)	RATA RATA VHN (Kgf/mm)
1	<i>NON TREATMENT</i>	1	240,2	237,8	324,6	323,38
		2	236,9	238,3	328,4	
		3	237,4	241,2	323,8	
		4	240,6	240,6	320,3	
		5	239,1	242,5	319,8	
2	<i>QUENCHING OLI</i>	1	218.5	230.3	368.3	374.04
		2	217.6	224.2	380	
		3	226.3	218.7	374.5	
		4	222	223.3	374	
		5	222.1	223.6	373.4	
3	<i>QUENCHING Air</i>	1	216.2	213.6	401.6	405.92
		2	211.5	216.6	404.6	
		3	212.8	217.5	400.6	
		4	210.9	214.1	410.6	
		5	210.6	213.5	412.2	



Gambar 4.4 Grafik Rata – Rata Nilai Kekerasan Hasil Uji Keras Vickers Polaritas DC-

Dari gambar 4.4 yaitu grafik yang menunjukkan rata – rata nilai kekerasan, dapat dilihat bahwa nilai ini menunjukkan tingkat kekerasan dari suatu material akan lebih tinggi setelah dilakukannya *quenching* dengan air maupun oli sebagai medianya. Untuk media pendingin yang digunakan bukan hanya air dan oli, namun masih banyak yang lain seperti air garam, air hujan dan udara, namun dalam penelitian ini peneliti membatasi penggunaan media pendingin hanya pada air dan oli.

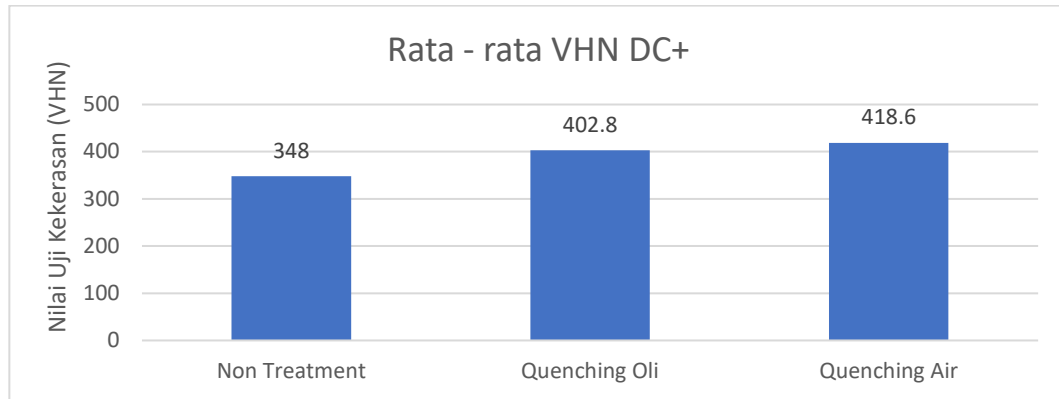
Pada pengelasan hardfacing pada permukaan baja karbon rendah menggunakan polaritas DC- ini, nilai kekerasan yang didapatkan tertinggi melalui uji kekerasan *vickers* adalah 405.9 VHN dengan air sebagai media pendinginnya, kemudian tertinggi kedua setelah air adalah 374 VHN dengan oli sebagai media pendinginnya, dan nilai kekerasan terendah adalah 323 VHN tanpa perlakuan.

Quenching yang cepat setelah dipanaskan dengan suhu tinggi dengan *holding time* akan menghasilkan struktur martensit yang dapat membuat sifat keras dari baja meningkat. Dapat dilihat bahwa nilai kekerasan yang didapatkan dari hasil *quenching* menggunakan air lebih tinggi dibanding dengan menggunakan oli dan

non treatment. Karena *quenching* menggunakan air lebih cepat dari media pendingin yang lain sehingga nilai kekerasan yang dihasilkan lebih tinggi dan baja yang dihasilkan lebih keras. Berbeda dengan pendinginan yang lambat akan menghasilkan struktur mikro pearlit yang mempunyai sifat lunak dengan kekerasan yang masih rendah.

Tabel 4.5 Nilai Kekerasan Vickers Spesimen dengan Polaritas DC+

NO	SPESIMEN	PENUSUKAN	d1/ μm	d2/ μm	VHN (Kgf/mm)	RATA RATA VHN (Kgf/mm)
1	<i>NON TREATMENT</i>	1	233.7	224.6	353.1	348.36
		2	231.8	233.8	342.1	
		3	229.5	229.5	352.1	
		4	232.9	228.6	348.2	
		5	232.1	230.7	346.3	
2	<i>QUENCHING OLI</i>	1	216.7	211.2	405.1	402.88
		2	214.7	214.7	402.2	
		3	213.8	215.6	402.2	
		4	212.9	217	401.3	
		5	212.5	216.2	403.6	
3	<i>QUENCHING AIR</i>	1	210.3	210.3	419.3	418.66
		2	208.9	212.3	418.1	
		3	208.4	209.7	424.3	
		4	211	211	416.5	
		5	204.7	218	415.1	

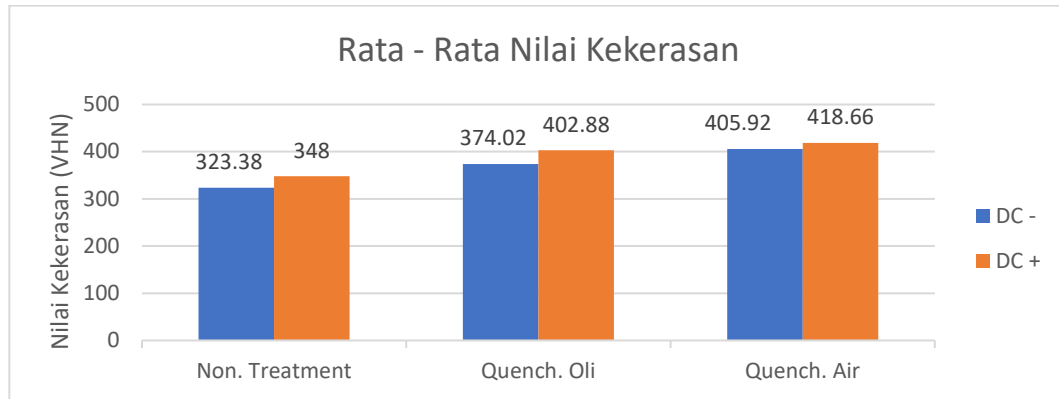


Gambar 4.5 Grafik Rata – Rata Nilai Kekerasan Hasil Uji Keras *Vickers* dengan Polaritas DC+

Dari grafik 4.5 yaitu grafik yang menunjukkan rata – rata nilai kekerasan, dapat dilihat bahwa nilai ini menunjukkan tingkat kekerasan dari suatu material akan lebih tinggi setelah dilakukannya *quenching* dengan air maupun oli sebagai mediana.

Pada pengelasan *hardfacing* pada permukaan baja karbon rendah menggunakan polaritas DC+ ini, nilai kekerasan yang didapatkan tertinggi melalui uji kekerasan *vickers* adalah 418.6 VHN dengan air sebagai media pendinginnya, kemudian tertinggi kedua setelah air adalah 402.8 VHN dengan oli sebagai media pendinginnya, dan nilai kekerasan terendah adalah 348 VHN tanpa perlakuan.

Dalam proses *hardfacing*, peneliti menggunakan 2 polaritas berbeda, yaitu polaritas DC+ dan DC- agar dapat membandingkan tingkat kekerasan permukaan baja karbon rendah yang dihasilkan. Perbandingan nilai kekerasan dari 2 polaritas dengan *quenching* berbeda dapat dilihat pada grafik 4.6 dibawah ini.



Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Nilai Rata – Rata Kekerasan 2 Polaritas

Pada grafik 4.6 diatas menunjukkan adanya perbandingan nilai kekerasan dengan pengelasan *hardfacing* menggunakan dua polaritas yang berbeda. Pada setiap proses media *quenching* yang dilakukan pasca pengelasan, didapat bahwa menggunakan polaritas DC+ menghasilkan nilai kekerasan yang lebih tinggi dari pengelasan menggunakan polaritas DC-.

Pengelasan *hardfacing* menggunakan polaritas DC+ dengan *quenching* air sebagai media pendingin setelah perlakuan panas menghasilkan nilai 418.6 VHN, nilai kekarasan ini lebih tinggi dari pengelasan *hardfacing* menggunakan polaritas DC-. Pada pengelasan menggunakan polaritas DC- dengan *quenching* air sebagai media pendingin setelah perlakuan panas memiliki nilai relatif lebih rendah sedikit dibanding dengan nilai kekerasan yang dihasilkan polaritas DC- yaitu 405.92 VHN.

Namun dikedua polaritas dengan *quenching* air sebagai media pendingin setelah perlakuan panas tersebut, menjadi nilai tertinggi dari media pendingin yang lain. Nilai kekerasan ini menunjukkan bahwa baja karbon rendah yang dilakukan *hardfacing* menggunakan kedua polaritas tersebut dengan *quenching* air menjadi yang paling keras dari media pendingin yang lain.

Begitu juga pengelasan hardfacing menggunakan polaritas DC+ dengan *quenching* oli sebagai media pendinginnya menghasilkan nilai 402.8 VHN. Nilai kekerasan ini lebih tinggi dari pengelasan hardfacing menggunakan polaritas DC- yang menghasilkan nilai yaitu 374.02 VHN. Spesimen non treatment dari pengelasan hardfacing menggunakan polaritas DC+ juga menghasilkan nilai kekerasan 348 VHN lebih tinggi dari spesimen pengelasan hardfacing menggunakan polaritas DC- dengan nilai kekerasan 323.38 VHN.

Nilai kekerasan yang dihasilkan dari pengelasan hardfacing menggunakan polaritas DC+ dengan pendingin air, oli dan non treatment menghasilkan nilai lebih tinggi dari DC- disemua media pendingin yang digunakan.

4.4 Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro yang dilakukan oleh peneliti pada batas daerah HAZ dan *weld metal*. Pengamatan struktur mikro ini menunjukkan adanya fasa yang terbentuk akibat dilakukannya perlakuan panas yang kemudian diberi *quenching* secara cepat. Spesimen yang akan diamati terdiri dari 3 spesimen pada 2 polaritas yang berbeda, 1 spesimen *non treatment* dan 2 spesimen dengan media pendingin yang digunakan yaitu oli dan air, diharapkan kedua media ini dapat membentuk struktur martensit yang menunjukkan nilai kekerasan yang tinggi. Apabila waktu *quenching* terlalu perlahan maka kemungkinan fase martensit tidak akan terbentuk.

Dalam pengamatan struktur mikro membentuk struktur ferrit, pearlite, bainite, martensit. Namun struktur yang terlihat mendominasi adalah martensit, karena *quenching* yang cepat dengan *holding time* selama 60 menit pada temperatur

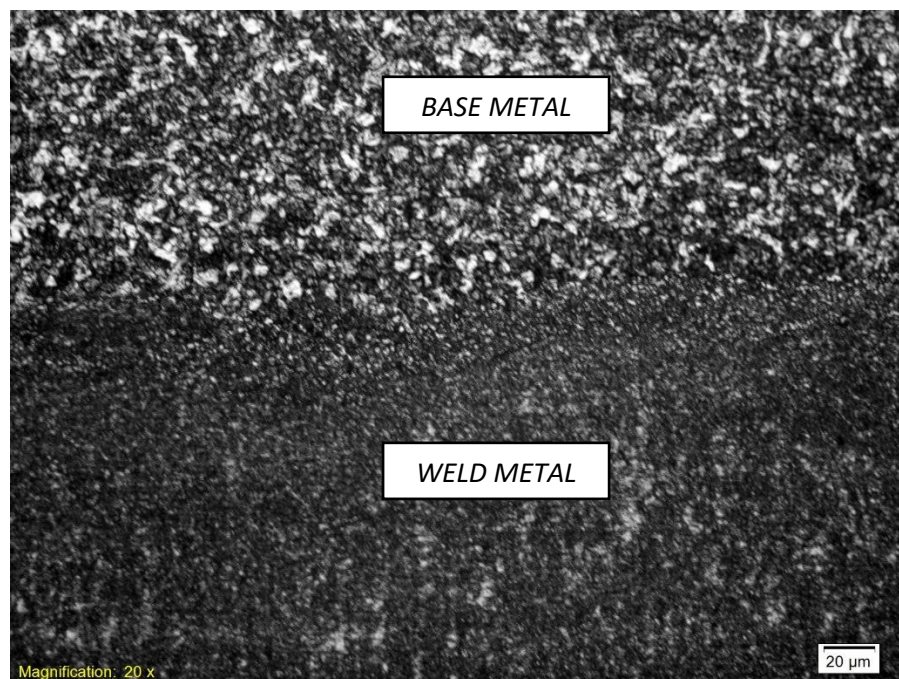
panas 1000⁰C. Pengamatan struktur mikro ini dilakukan di laboratorium material Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta.

Dalam proses pengamatan, langkah – langkah yang harus dilakukan sebagai berikut:

1. Pemolesan permukaan spesimen menggunakan amplas dengan tingkat kekasaran 100-1500 sampai merata
2. Pemolesan permukaan spesimen menggunakan kain biru sampai spesimen terlihat seperti cermin
3. Pengkorosian atau *Etching*, dalam proses ini spesimen dicelupkan kedalam larutan 100ml dari campuran HNO₃ (0,4%) + Alkohol (9,6%) dengan waktu celup yang berbeda, sampai permukaan spesimen yang ingin di amati terlihat adanya perbedaan warna atau sudah terlihat korosi.
4. Kemudian setelah itu dibersihkan dengan sabun colek dan dikeringkan menggunakan hairdryer, panas dari hairdryer ini dapat lebih cepat mengeringkan sehingga tidak ada sabun atau air yang tertinggal.
5. Kemudian siapkan mikroskop optik yang sudah terhubung langsung pada komputer.
6. Sesuaikan lensa pengamatan yang diinginkan untuk mengamati secara detail struktur yang terbentuk.
7. Letakkan spesimen di atas lensa dengan dudukan kaca, kemudian terangkan kaca menggunakan lampu.
8. Kemudian lihat dengan teliti struktur mikro yang terbentuk, fokuskan lensa mikroskop optik.
9. Setelah lensa fokus, carilah bagian yang ingin diamati struktur mikronya

10. Setelah mendapatkan bagian yang ingin diamati, kemudian atur nama pembesaran lensa agar ketika pengambilan gambar, angka pembesaran lensa dapat terlihat sesuai dengan lensa yang digunakan.
11. Setelah sudah diatur, kemudian pengambilan gambar yang sesuai dengan bagian yang tadi telah dipilih.
12. Kemudian save pada folder computer.

4.4.1 Struktur Mikro pada batas HAZ Spesimen *Non Treatment* dengan Polaritas DC+

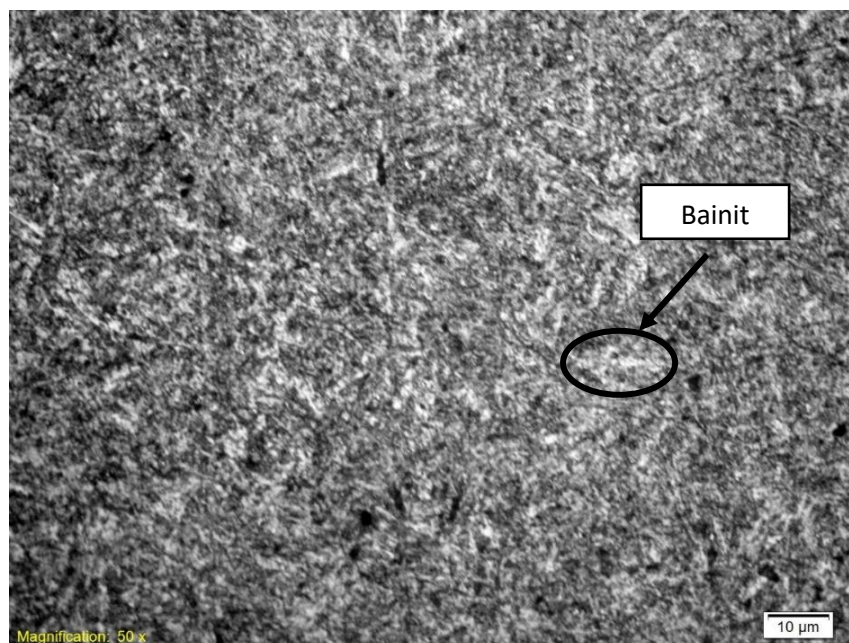


Gambar 4.7 Struktur Mikro pada Batas HAZ Spesimen *Non Treatment* dengan Polaritas DC+

Pada gambar 4.13 Struktur mikro pada daerah HAZ material non treatment dengan polaritas DC+ ini dapat kita lihat, bagian atas dari gambar adalah *base metal* dan yang bawah adalah *weld metal* nya. Perbedaan ini terlihat antara keduanya,

untuk mendapatkan lebih jelas perbedaan struktur pada daerah HAZ ini tidak mudah, karena adanya perbedaan unsur kimia yang terkandung pada *base metal* dan *weld metal*, memerlukan waktu celup dalam larutan juga berbeda. Waktu yang diperlukan untuk pencelupan bagian bahan pengisi lebih lama dibanding dengan waktu pencelupan *base metal*.

4.4.2 Struktur Mikro pada *Weld Metal* Spesimen *Non Treatment* dengan Polaritas DC+



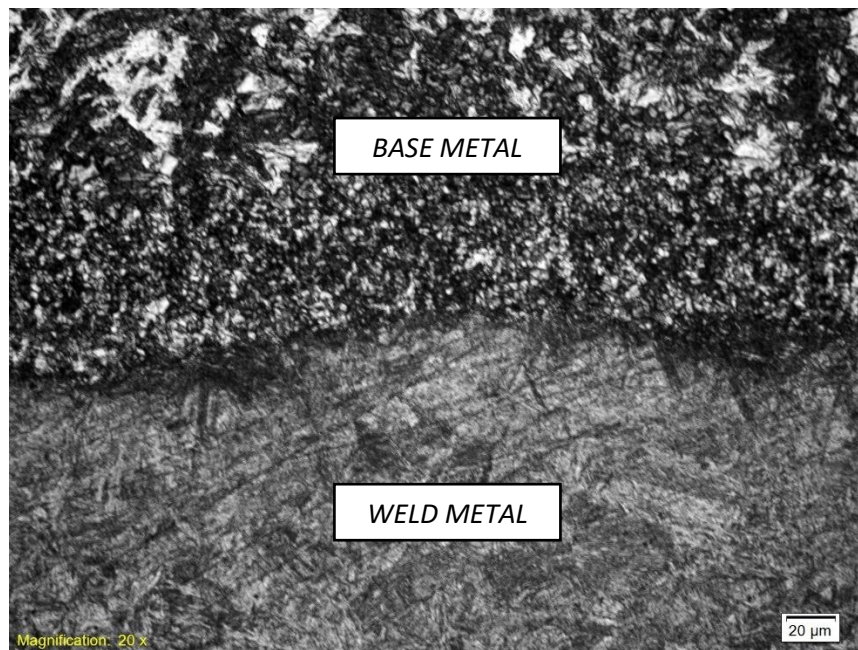
Gambar 4.8 Struktur Mikro pada *Weld Metal* Spesimen *Non Treatment* dengan Polaritas DC+

Pada gambar 4.8 ini pengamatan struktur mikro di daerah logam lasan struktur yang terbentuk adalah bainit. Fasa ini hampir mendominasi ke bagian permukaan baja. Dari butir yang terlihat sangat berbeda dengan material induknya pada gambar 4.7 yaitu baja karbon rendah bentuknya yang terlihat lebih besar dan tersusun.

Terlihat juga pada logam las ini ada bulat berwarna hitam, dapat kita ketahui ini adalah cacat bukan unsur dari karbon, karena *weld metal* ini memiliki kandungan baja yang rendah, cacat ini cukup banyak diseluruh bagian logam las ini.

Namun, *weld metal* non treatment ini sudah terkena heat input sebanyak 2 kali dari proses pengelasan hardfacing sehingga nilai kekerasan lebih keras dari logam induknya dan struktur mikronya berbeda.

4.4.3 Struktur Mikro pada batas HAZ Material *Quenching* Oli dengan Polaritas DC+

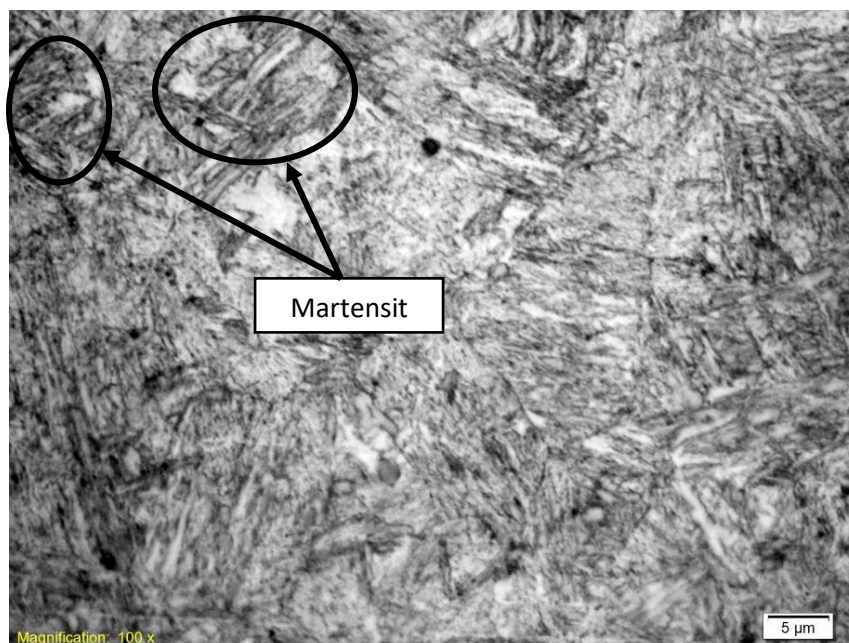


Gambar 4.9 Struktur Mikro pada Batas HAZ Spesimen *Quenching* Oli dengan Polaritas DC+

Pada Gambar 4.9 Struktur mikro didaerah HAZ pada spesimen *quenching* oli dengan Polaritas DC+ ini jelas terlihat perbedaan keduanya. Pada atas gambar terlihat bagian logam induknya dan pada bawah gambar terlihat bagian logam lasnya. Proses untuk melihat agar kedua struktur mikronya terlihat jelas

memerlukan 2 waktu pengetsaan tidak dapat hanya dalam 1 waktu pengetsaan, tetapi untuk melihat batas antara logam induk dan logam lasnya, cukup untuk 1 waktu pengetsaan saja, walaupun tidak terlihat jejak pembentukan struktur keduanya, kita dapat membedakan 2 logam yang menyatu.

4.4.4 Struktur Mikro *Weld Metal* dengan *Quenching Oli* pada Polaritas DC+



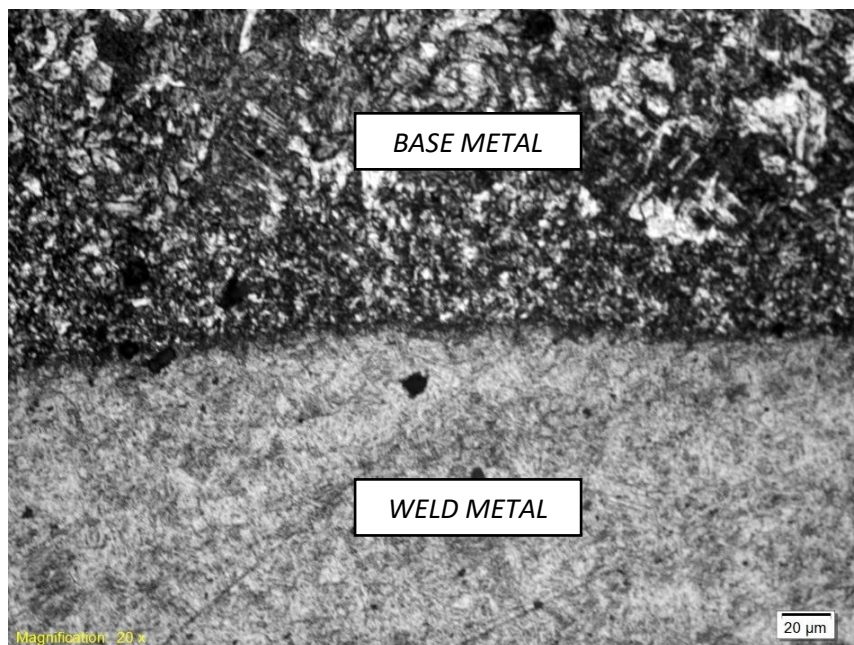
Gambar 4.10 Struktur Mikro *Weld Metal* dengan *Quenching Oli* pada Polaritas DC+

Pada gambar 4.10 struktur mikro *weld metal* dengan *quenching oli* pada Polaritas DC+ ini jelas terlihat struktur martensit tidak menyebar keseluruhan bagian permukaan. Jika dibandingkan dengan struktur mikro pada gambar 4.8 yaitu struktur mikro pada bagian *weld metal* spesimen *non treatment*, fasa martensit ini menunjukkan kekerasan lebih tinggi dari bainit.

Ketika dilakukan pengamatan pada semua bagian *weld metal* pada spesimen ini tidak membentuk struktur martensit yang mendominasi. Namun ada beberapa titik hitam yang terlihat, titik hitam ini bukanlah *grafit* atau karbon, karena komposisi *weld metal* ini mengandung karbon yang rendah, jadi dapat kita ketahui bahwa titik – titik hitam yang terlihat adalah cacat.

Adanya struktur martensit yang terbentuk pada *weld metal* ini menunjukkan sifat keras dari baja meningkat namun keuletan nya menurun sehingga getas. Martensit ini terbentuk akibat adanya perlakuan *quenching* yang cepat setelah dipanaskan dengan temperatur 1000⁰C dengan *holding time* 60 menit.

4.4.5 Struktur Mikro pada Batas HAZ spesimen *Quenching* Air pada Polaritas DC+



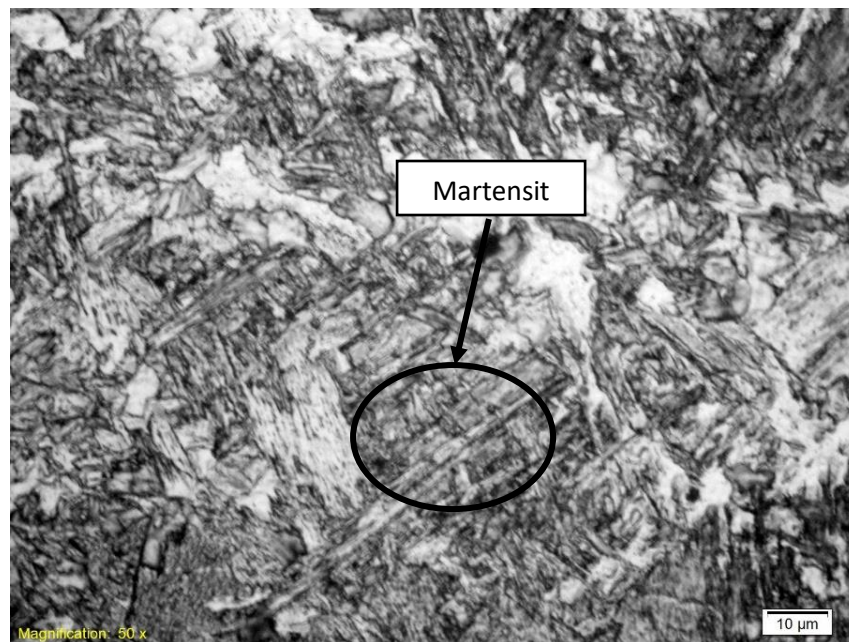
Gambar 4.11 Struktur Mikro pada Batas HAZ Spesimen *Quenching* Air pada Polaritas DC+

Pada Gambar 4.11 Struktur mikro di daerah batas HAZ pada spesimen *quenching* oli dengan polaritas DC+ ini jelas terlihat perbedaan keduanya. Pada atas

gambar terlihat bagian *base metal* dan pada bawah gambar terlihat bagian *weld metal*. Untuk mendapat kedua struktur terlihat secara bersamaan cukup sulit, karena kandungan kimia yang terdapat pada *base metal* dan *weld metal* berbeda, ini membuat waktu penyelupan dalam larutan *etching* yang digunakan juga berbeda.

Jika ingin mendapatkan struktur mikro keduanya dapat dilakukan penyelupan sebanyak 2 kali. Dengan metode penyelupan seperti ini maka dapat dilihat hasil pengamatan struktur mikronya.

4.4.6 Struktur Mikro *Weld Metal* spesimen *Quenching Air* pada Polaritas DC+

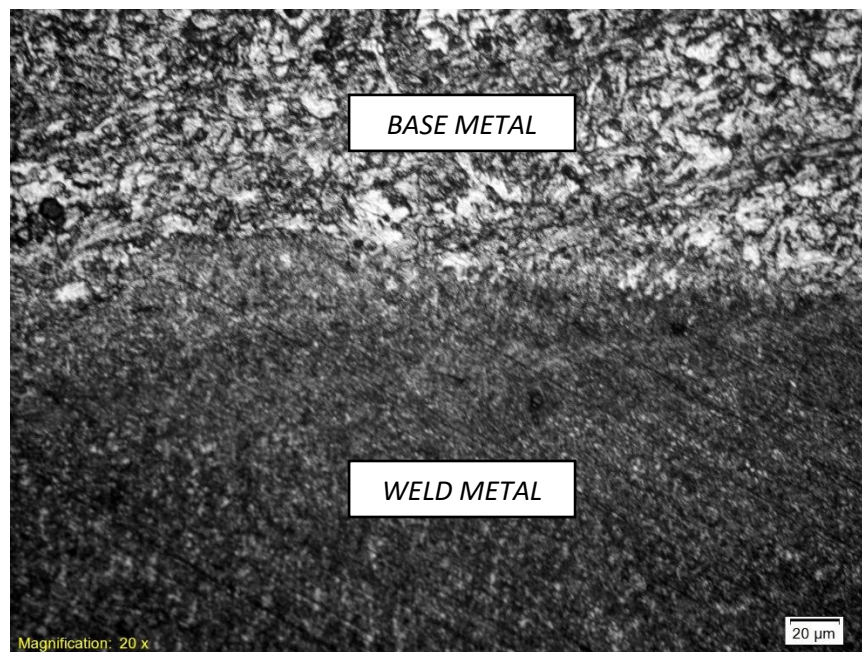


Gambar 4.12 Struktur Mikro *Weld Metal* Spesimen *Quenching Air* pada Polaritas DC+

Pada Gambar 4.12 struktur mikro *weld metal* spesimen *quenching* air pada polaritas DC+ yang terbentuk adalah martensit yang kasar dan cenderung ukuran Panjang. Martensit ini lebih banyak dibanding jumlah martensit pada spesimen *quenching* oli.

Martensit ini tidak terlihat rapih dengan posisi yang memanjang bentuknya yang tetragonal. Martensit yang terbentuk dalam spesimen dengan jumlah banyak ini mempunyai arti bahwa tingkat kekerasan pada spesimen dalam penelitian ini tinggi dibanding dengan spesimen lainnya, sesuai hasil nilai kekerasan dengan uji *Vickers* yang ditunjukan pada gambar 4.5 Grafik Rata – rata nilai kekerasan hasil uji keras *vickers* polaritas DC+

4.4.7 Struktur Mikro pada Batas HAZ Spesimen *Non Treatment* dengan Polaritas DC-



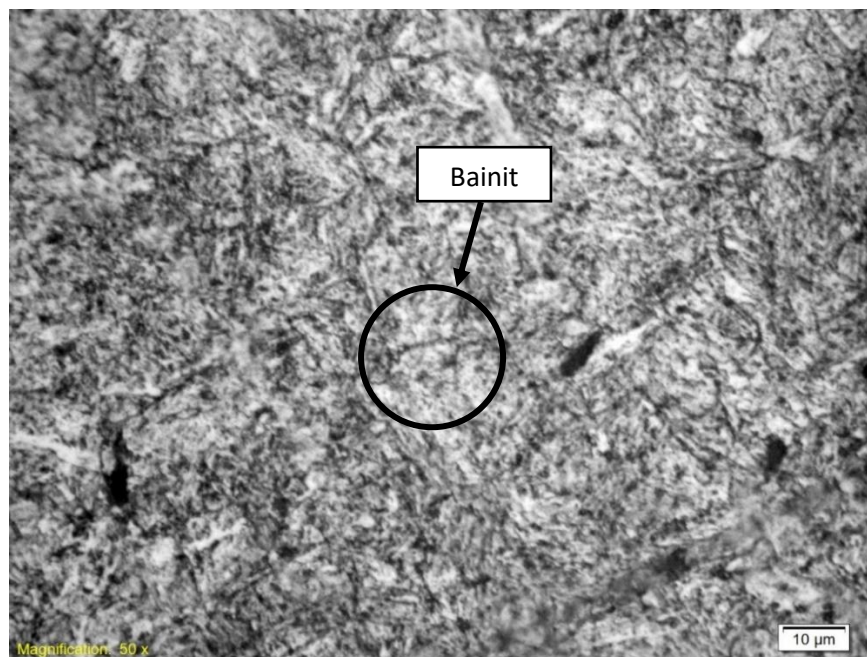
Gambar 4.13 Struktur Mikro pada Batas HAZ Spesimen *Non Treatment* dengan Polaritas DC-

Pada gambar 4.13 Struktur mikro pada daerah batas HAZ spesimen *non treatment* dengan polaritas DC- ini dapat kita lihat, bagian atas dari gambar adalah *base metal* dan yang bawah adalah *weld metal*. Perbedaan ini terlihat antara keduanya, untuk mendapatkan lebih jelas perbedaan struktur pada daerah HAZ ini

tidak mudah, karena adanya perbedaan unsur kimia yang terkandung pada *base metal* dan *weld metal*, memerlukan waktu celup dalam larutan *etsa* berbeda.

Waktu yang diperlukan untuk pencelupan bagian *weld metal* lebih lama dibanding dengan waktu pencelupan *base metal*. Karena pada bagian logam las ini mempunyai struktur kimia yang berbeda dan memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi dibanding logam induknya.

4.4.8 Struktur Mikro *Weld Metal* Spesimen *Non Treatment* pada Polaritas DC-

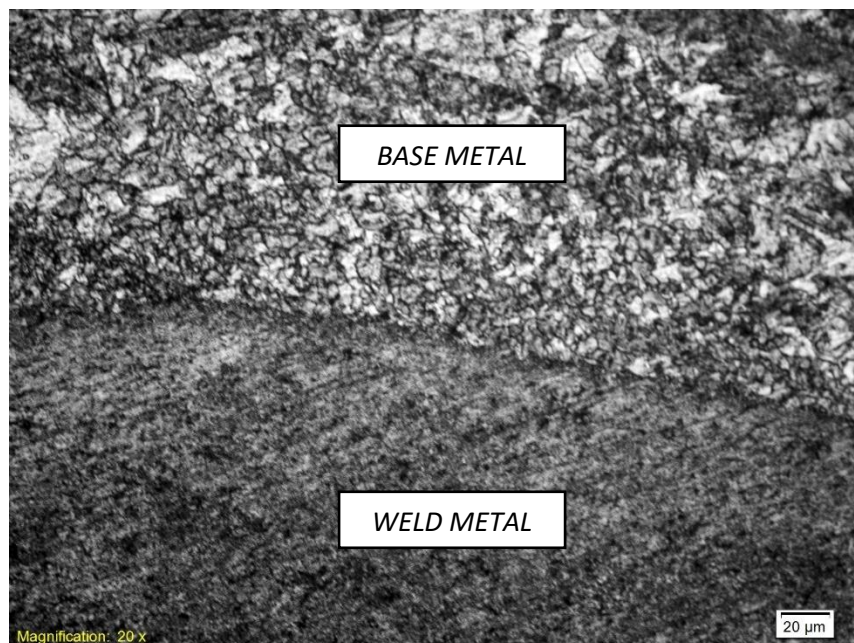


Gambar 4.14 Struktur Mikro *Weld Metal* Spesimen *Non Treatment* pada Polaritas DC-

Pada gambar 4.14 Struktur Mikro logam las spesimen *Non Treatment* pada Polaritas DC- ini struktur yang terbentuk adalah bainit. Fasa ini hampir mendominasi ke bagian permukaan baja.

Terlihat juga pada logam las ini ada bulat berwarna hitam, dapat kita ketahui ini adalah cacat bukan unsur dari karbon, karena *weld metal* ini memiliki kandungan karbon yang rendah, cacat ini cukup banyak diseluruh bagian logam las ini. Namun, karena *weld metal* non treatment ini sudah terkena heat input sebanyak 2 kali dari proses pengelasan hardfacing sehingga struktur mikronya berbeda, terlihat unsur yang terdapat dilogam las ini adalah bainit.

4.4.9 Struktur Mikro HAZ Spesimen *Quenching Oli* pada Polaritas DC-



Gambar 4.15 Struktur Mikro pada Batas HAZ Spesimen *Quenching Oli* pada Polaritas DC-

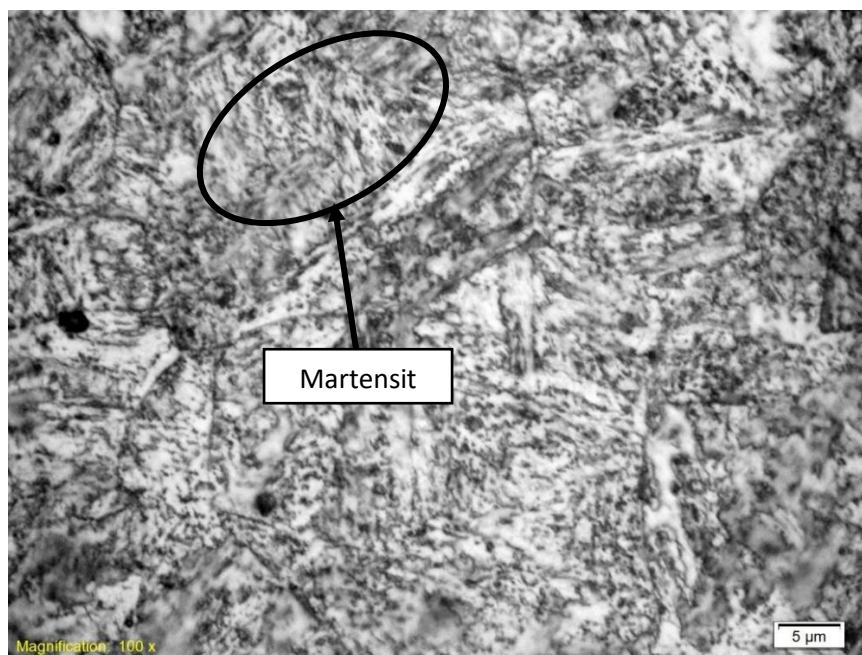
Pada gambar 4.15 Struktur mikro pada daerah batas HAZ spesimen *quenching oli* dengan polaritas DC- ini dapat kita lihat, bagian atas dari gambar adalah *base metal* dan yang bawah adalah *weld metal*.

Perbedaan ini terlihat antara keduanya, untuk mendapatkan lebih jelas perbedaan struktur pada daerah batas HAZ ini tidak mudah, karena adanya

perbedaan unsur kimia yang terkandung pada *base metal* dan *weld metal*, memerlukan waktu celup dalam larutan *etching* berbeda.

Waktu yang diperlukan untuk pencelupan bagian *weld metal* lebih lama dibanding dengan waktu pencelupan *base metal*. Namun jelas terlihat pada gambar diatas batas daerah *base metal* dan *weld metal*.

4.4.10 Struktur Mikro *Weld Metal* Spesimen *Quenching Oli* pada Polaritas DC-

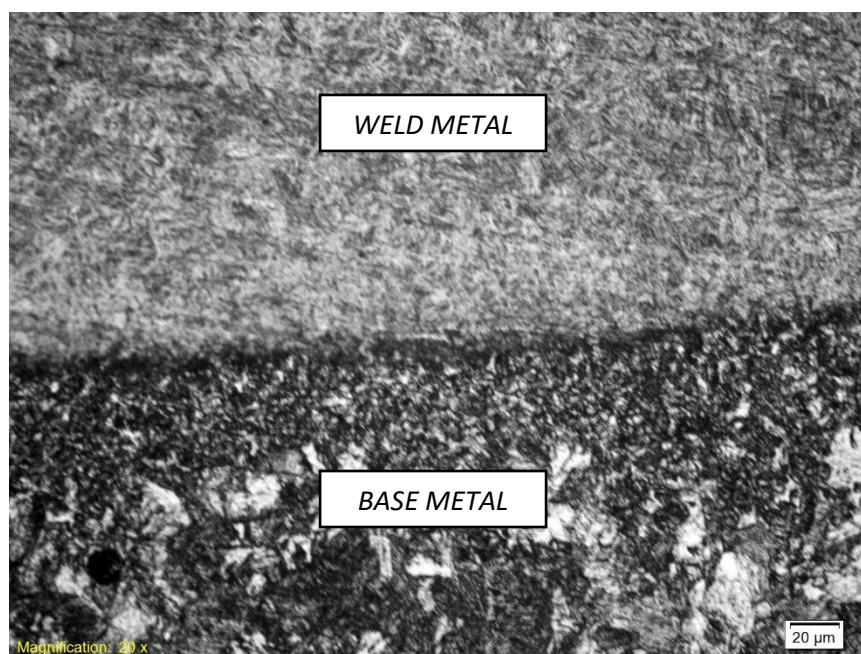


Gambar 4.16 Struktur Mikro *Weld Metal* spesimen *Quenching Oli* pada Polaritas DC-

Pada gambar 4.16 struktur mikro *weld metal* dengan *quenching oli* pada Polaritas DC- ini jelas terlihat struktur martensit. Jika dibandingkan dengan struktur mikro pada gambar 4.14 yaitu struktur mikro pada bagian *weld metal* spesimen *non treatment*, martensit yang terbentuk pada *weld metal* ini menunjukkan nilai kekerasannya lebih tinggi. Ketika dilakukan pengamatan pada semua bagian weld

metal pada spesimen ini membentuk struktur martensit yang tidak mendominasi. Namun ada beberapa titik hitam yang terlihat, titik hitam ini bukanlah *grafit* atau karbon, karena komposisi *weld metal* ini mengandung karbon yang rendah, jadi dapat kita ketahui bahwa titik – titik hitam yang terlihat adalah cacat. Adanya struktur martensit yang terbentuk pada *weld metal* ini menunjukkan sifat keras dari baja meningkat namun keuletan nya menurun sehingga getas. Martensit ini terbentuk akibat adanya perlakuan *quenching* yang cepat setelah dipanaskan dengan temperatur 1000⁰C dengan *holding time* 60 menit.

4.4.11 Struktur Mikro pada Batas HAZ Spesimen *Quenching* Air pada Polaritas DC-

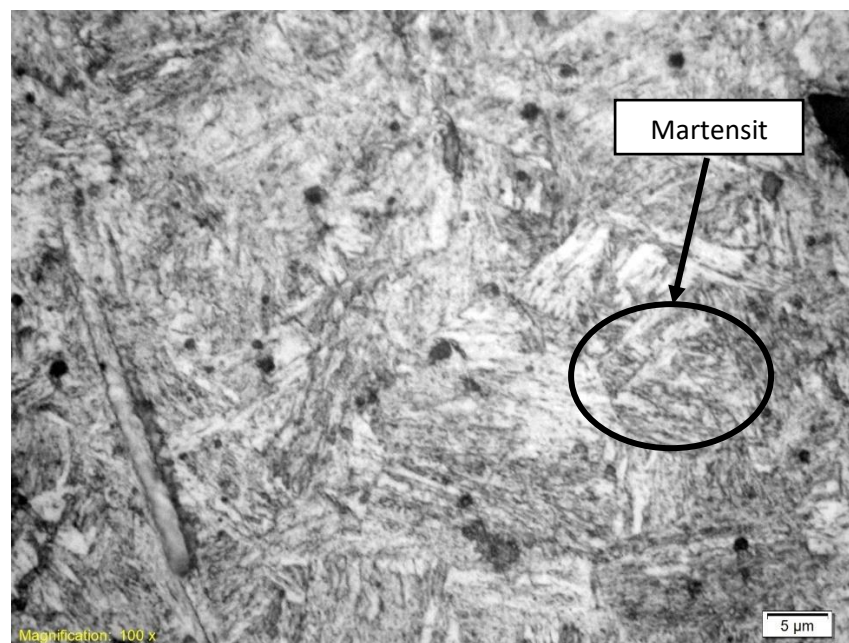


Gambar 4.17 Struktur Mikro pada Batas HAZ Spesimen *Quenching* Air pada Polaritas DC-

Pada gambar 4.17 Struktur mikro pada daerah batas HAZ spesimen *quenching* Air dengan polaritas DC- ini dapat kita lihat, bagian atas dari gambar adalah *weld metal* dan yang bawah adalah *Base Metal*.

Perbedaan ini terlihat antara keduanya, untuk mendapatkan lebih jelas perbedaan struktur pada daerah HAZ ini tidak mudah, karena adanya perbedaan unsur kimia yang terkandung pada *base metal* dan *weld metal*, memerlukan waktu celup dalam larutanpun berbeda. Waktu yang diperlukan untuk pencelupan bagian bahan pengisi lebih lama dibanding dengan waktu pencelupan *base metal*. Namun dalam gambar sudah nampak perbedaan struktur antara keduanya yang terbentuk walaupun belum terlihat jelas.

4.4.12 Struktur Mikro *Weld Metal* Spesimen *Quenching Air* pada Polaritas DC-



Gambar 4.18 Struktur Mikro *Base Metal* spesimen *Quenching Air* pada Polaritas DC-

Pada Gambar 4.18 struktur mikro *weld metal* spesimen *quenching air* pada polaritas DC- yang terbentuk adalah martensit yang halus dan cenderung ukuran panjang namun lebarnya kecil sehingga terlihat martensit ini saling berhimpit dan bertumpuk. Martensit ini tidak mendominasi keseluruhan bagian logam las pada

spesimen ini, namun lebih banyak jika dibandingkan dengan martensit pada spesimen *quenching* oli. Diketahui dari hasil uji kekerasan *vickers* pada gambar 4.4 grafik rata rata VHN dengan polaritas DC- bahwa nilai yang didapatkan menunjukan sifat kekerasan yang tinggi pada logam las ini.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dalam proses *hardfacing* dengan polaritas DC+ dan polaritas DC- pada baja karbon rendah melalui proses *quenching* ditemperatur 1000⁰C dengan *holding time* selama 60 menit yang dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Polaritas DC+ menghasilkan kekerasan yang lebih tinggi pada semua spesimen yang diuji dengan nilai 418,66 VHN *quenching* air, 402,8 VHN *quenching* oli, 348 VHN *non treatment* jika dibandingkan polaritas DC- dengan nilai 405,92 VHN *quenching* air, 374,02 VHN *quenching* oli dan 323,38 VHN *non treatment*.
2. Media *quenching* dengan air menghasilkan kekerasan yang paling tinggi dengan nilai 405,92 VHN untuk polaritas DC- dan 418,66 VHN untuk polaritas DC+ jika dibandingkan dengan oli.
3. Struktur mikro yang terbentuk pada *weld metal* spesimen *non treatment* adalah bainit, sedangkan pada *weld metal* spesimen *quenching* air dan oli adalah martensit.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, untuk memperoleh hasil yang maksimal maka peneliti menyarankan sebagai berikut:

1. Perlu adanya ketelitian dalam setiap proses penelitian yang dilakukan..
2. Selalu mengutamakan faktor keamanan dan keselamatan kerja pada saat proses pembuatan spesimen sampai tahap pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiansyahrie. (2010). Melakukan Rutinitas Pengelasan dengan Las Busur Manual. In *Kompetensi Keahlian Teknik Pengelasan SMK Negeri 53 Jakarta*. Jakarta
- Bangsawan, I. G. (n.d.). Pengaruh Variasi Temperatur dan Holding Time dengan Media Oli SAE 40 terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Baja Assab 760. *Skripsi, UNS*
- Callister D. William and Retchwisch G. David. (2011). Materials Sciene and Engineering. In *SI Version, Eighth Edition* (8th ed., p. 425). Asia: Wiley John & Sons.
- Dieter E. George. (1988). Mechanical Metallurgy. In Bacon David (Ed.), *Materials Science & Metallurgy* (SI Metric). London.
- D.E. Porter and K.E. Easterling. (1992). Phase Transformations in Metals and Alloys (2nd ed.) London: Chapman & Hall.
- Digambar, B., & Choudhary, D. (2014). A Review Paper On *Hardfacing* Processes , Ma terials , Objectives and Applications. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 3(6), 2400.
- Eddy. 2014. *Materi Uji Kekerasan dan Impak*.
<http://eddme27.blogspot.co.id/2014/11/bab-i-pendahuluan-1.html> (10 April 2017)
- Iskandar, M. A. (2013). Analisa Sifat Fisis dan Mekanis Tooth Bucket Excavator Sebelum dan Sesudah Proses Heat Treatment. *Tugas Akhir:UMS*
- Marwanto,A. (2007). *Materi Lifeskill Las SMAW*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta
- Pramono, A., (2011). Karakterisrik Mekanik Proses Hardening Baja Aisi 1045 Media. Teknik, J., Fakultas, M., Universitas, T., Ageng, S., & Cilegon, T. Quenching Untuk Aplikasi Sprochet Rantai. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin,.*
- Pradeep, G. R. C., Ramesh, A., & Prasad, B. D. (2013). Comparative Study of Hard facing of AISI 1020 Steel by Three Different Welding Processes. *Global Journal of Researches in Engineering Mechanical and Mechanics Engineering Volume*
- Wirjosumarto, H. W (1979). *Teknologi Pengelasan Logam* .Jakarta : Pradnya Paramita
- Sugiyono, P. D. (2009). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D* (8th ed.). Bandung: Alfabeta.

LAMPIRAN 1

PERHITUNGAN KEKERASAN VHN

Rumus :

$$\text{VHN} = \frac{1,854 \times P}{L^2} (\text{Kgf/mm}^2)$$

$$L = \frac{d1+d2}{2} (\text{mm}^2)$$

A. DC + (NON TREATMENT)

▪ Titik 1

Dik : d1 = 240,2 μm = 0,240 mm
 d2 = 237,8 μm = 0,238 mm
 P = 10 Kgf

Jawab :

$$L = \frac{0,240+0,238}{2} = 0,239$$

$$\begin{aligned}\text{VHN} &= \frac{1,854 \times P}{L^2} = \frac{1,854 \times 10}{0,239^2} \\ &= 324.6 \text{ Kgf/mm}^2\end{aligned}$$

▪ Titik 2

Dik : d1 = 236,9 μm = 0,2369 mm
 d2 = 238,3 μm = 0,2383 mm
 P = 10 Kgf

Jawab :

$$L = \frac{0,2369+0,2383}{2} = 0,2376$$

$$\begin{aligned} \text{VHN} &= \frac{1,854 \times P}{L^2} = \frac{1,854 \times 10}{0,237^2} \\ &= 328,4 \text{ Kgf/mm}^2 \end{aligned}$$

▪ **Titik 3**

Dik : d1 = 237,4 μm = 0,2374 mm
 d2 = 241,2 μm = 0,2412 mm
 P = 10 Kgf

Jawab :

$$\begin{aligned} L &= \frac{0,2374 + 0,2412}{2} = 0,2393 \\ \text{VHN} &= \frac{1,854 \times P}{L^2} = \frac{1,854 \times 10}{0,2393^2} \\ &= 323,8 \text{ Kgf/mm}^2 \end{aligned}$$

▪ **Titik 4**

Dik : d1 = 240,6 μm = 0,2406 mm
 d2 = 240,6 μm = 0,2406 mm
 P = 10 Kgf

Jawab :

$$\begin{aligned} L &= \frac{0,2406 + 0,2406}{2} = 0,2406 \\ \text{VHN} &= \frac{1,854 \times P}{L^2} = \frac{1,854 \times 10}{0,2406^2} \\ &= 320,3 \text{ Kgf/mm}^2 \end{aligned}$$

▪ **Titik 5**

Dik : d1 = 239,1 μm = 0,2391 mm
 d2 = 242,5 μm = 0,2425 mm
 P = 10 Kgf

Jawab :

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{0,2391+0,2425}{2} = 0,2408 \\
 \text{VHN} &= \frac{1,854 \times P}{L^2} = \frac{1,854 \times 10}{0,2408^2} \\
 &= 319,7 \text{ Kgf/mm}^2
 \end{aligned}$$

B. DC + (QUENCHING OLI)

▪ Titik 1

$$\begin{aligned}
 \text{Dik} : \quad d1 &= 218,5 \mu\text{m} = 0,2185 \text{ mm} \\
 d2 &= 230,8 \mu\text{m} = 0,2308 \text{ mm} \\
 P &= 10 \text{ Kgf}
 \end{aligned}$$

Jawab :

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{0,2185+0,2308}{2} = 0,2246 \\
 \text{VHN} &= \frac{1,854 \times P}{L^2} = \frac{1,854 \times 10}{0,2246^2} \\
 &= 368,2 \text{ Kgf/mm}^2
 \end{aligned}$$

▪ Titik 2

$$\begin{aligned}
 \text{Dik} : \quad d1 &= 217,6 \mu\text{m} = 0,2176 \text{ mm} \\
 d2 &= 224,2 \mu\text{m} = 0,2242 \text{ mm} \\
 P &= 10 \text{ Kgf}
 \end{aligned}$$

Jawab :

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{0,2176+0,2242}{2} = 0,2209 \\
 \text{VHN} &= \frac{1,854 \times P}{L^2} = \frac{1,854 \times 10}{0,2209^2} \\
 &= 380 \text{ Kgf/mm}^2
 \end{aligned}$$

▪ Titik 3

$$\text{Dik} : \quad d1 = 226,3 \mu\text{m} = 0,2263 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}d2 &= 218,7 \mu\text{m} = 0,2187 \text{ mm} \\ P &= 10 \text{ Kgf}\end{aligned}$$

Jawab :

$$\begin{aligned}L &= \frac{0,2263+0,2187}{2} = 0,2225 \\ \text{VHN} &= \frac{1,854 \times P}{L^2} = \frac{1,854 \times 10}{0,2225^2} \\ &= 374,5 \text{ Kgf/mm}^2\end{aligned}$$

▪ **Titik 4**

$$\begin{aligned}\text{Dik} : \quad d1 &= 222 \mu\text{m} = 0,222 \text{ mm} \\ d2 &= 223,3 \mu\text{m} = 0,2233 \text{ mm} \\ P &= 10 \text{ Kgf}\end{aligned}$$

Jawab :

$$\begin{aligned}L &= \frac{0,222+0,2233}{2} = 0,22265 \\ \text{VHN} &= \frac{1,854 \times P}{L^2} = \frac{1,854 \times 10}{0,22265^2} \\ &= 374,0 \text{ Kgf/mm}^2\end{aligned}$$

▪ **Titik 5**

$$\begin{aligned}\text{Dik} : \quad d1 &= 222,1 \mu\text{m} = 0,2221 \text{ mm} \\ d2 &= 223,6 \mu\text{m} = 0,2236 \text{ mm} \\ P &= 10 \text{ Kgf}\end{aligned}$$

Jawab :

$$\begin{aligned}L &= \frac{0,2221+0,2236}{2} = 0,22285 \\ \text{VHN} &= \frac{1,854 \times P}{L^2} = \frac{1,854 \times 10}{0,22285^2} \\ &= 373,4 \text{ Kgf/mm}^2\end{aligned}$$

C. DC + (QUENCHING AIR)

▪ Titik 1

$$\begin{aligned} \text{Dik} : \quad d1 &= 216,2 \, \mu\text{m} = 0,2162 \, \text{mm} \\ d2 &= 213,6 \, \mu\text{m} = 0,2136 \, \text{mm} \\ P &= 10 \, \text{Kgf} \end{aligned}$$

Jawab :

$$\begin{aligned} L &= \frac{0,2162+0,2136}{2} = 0,2149 \\ \text{VHN} &= \frac{1,854 \times P}{L^2} = \frac{1,854 \times 10}{0,2149^2} \\ &= 401,6 \, \text{Kgf/mm}^2 \end{aligned}$$

▪ Titik 2

$$\begin{aligned} \text{Dik} : \quad d1 &= 211,5 \, \mu\text{m} = 0,2115 \, \text{mm} \\ d2 &= 216,6 \, \mu\text{m} = 0,2166 \, \text{mm} \\ P &= 10 \, \text{Kgf} \end{aligned}$$

Jawab :

$$\begin{aligned} L &= \frac{0,2115+0,2166}{2} = 0,21405 \\ \text{VHN} &= \frac{1,854 \times P}{L^2} = \frac{1,854 \times 10}{0,21405^2} \\ &= 404,6 \, \text{Kgf/mm}^2 \end{aligned}$$

▪ Titik 3

$$\begin{aligned} \text{Dik} : \quad d1 &= 212,8 \, \mu\text{m} = 0,2128 \, \text{mm} \\ d2 &= 217,5 \, \mu\text{m} = 0,2175 \, \text{mm} \\ P &= 10 \, \text{Kgf} \end{aligned}$$

Jawab :

$$L = \frac{0,2128+0,2175}{2} = 0,21515$$

$$\begin{aligned}\text{VHN} &= \frac{1,854 \times P}{L^2} = \frac{1,854 \times 10}{0,21515^2} \\ &= 400,6 \text{ Kgf/mm}^2\end{aligned}$$

▪ **Titik 4**

Dik : d1 = 210,9 μm = 0,2109 mm
 d2 = 214,1 μm = 0,2141 mm
 P = 10 Kgf

Jawab :

$$\begin{aligned}L &= \frac{0,2109+0,2141}{2} = 0,2125 \\ \text{VHN} &= \frac{1,854 \times P}{L^2} = \frac{1,854 \times 10}{0,2125^2} \\ &= 410,6 \text{ Kgf/mm}^2\end{aligned}$$

▪ **Titik 5**

Dik : d1 = 210,6 μm = 0,2106 mm
 d2 = 213,5 μm = 0,2135 mm
 P = 10 Kgf

Jawab :

$$\begin{aligned}L &= \frac{0,2106+0,2135}{2} = 0,21205 \\ \text{VHN} &= \frac{1,854 \times P}{L^2} = \frac{1,854 \times 10}{0,21205^2} \\ &= 412,2 \text{ Kgf/mm}^2\end{aligned}$$

D. DC - (NON TREATMENT)

▪ **Titik 1**

Dik : d1 = 233,7 μm = 0,2337 mm
 d2 = 224,6 μm = 0,2246 mm
 P = 10 Kgf

Jawab :

$$L = \frac{0,2337+0,2246}{2} = 0,22915$$

$$\begin{aligned} \text{VHN} &= \frac{1,854 \times P}{L^2} = \frac{1,854 \times 10}{0,22915^2} \\ &= 353,1 \text{ Kgf/mm}^2 \end{aligned}$$

▪ **Titik 2**

Dik : d1 = 231,8 μm = 0,2318 mm
 d2 = 233,8 μm = 0,2338 mm
 P = 10 Kgf

Jawab :

$$L = \frac{0,2318+0,2338}{2} = 0,2328$$

$$\begin{aligned} \text{VHN} &= \frac{1,854 \times P}{L^2} = \frac{1,854 \times 10}{0,2328^2} \\ &= 342,1 \text{ Kgf/mm}^2 \end{aligned}$$

▪ **Titik 3**

Dik : d1 = 229,5 μm = 0,2295 mm
 d2 = 229,5 μm = 0,2295 mm
 P = 10 Kgf

Jawab :

$$L = \frac{0,2295+0,2295}{2} = 0,2295$$

$$\begin{aligned} \text{VHN} &= \frac{1,854 \times P}{L^2} = \frac{1,854 \times 10}{0,2295^2} \\ &= 352,1 \text{ Kgf/mm}^2 \end{aligned}$$

▪ **Titik 4**

Dik : d1 = 232,9 μm = 0,2329 mm

$$\begin{aligned}d2 &= 228,6 \mu\text{m} = 0,2286 \text{ mm} \\ P &= 10 \text{ Kgf}\end{aligned}$$

Jawab :

$$\begin{aligned}L &= \frac{0,2329+0,2286}{2} = 0,23075 \\ \text{VHN} &= \frac{1,854 \times P}{L^2} = \frac{1,854 \times 10}{0,23075^2} \\ &= 348,2 \text{ Kgf/mm}^2\end{aligned}$$

▪ Titik 5

$$\begin{aligned}\text{Dik} : \quad d1 &= 232,1 \mu\text{m} = 0,2321 \text{ mm} \\ d2 &= 230,7 \mu\text{m} = 0,2307 \text{ mm} \\ P &= 10 \text{ Kgf}\end{aligned}$$

Jawab :

$$\begin{aligned}L &= \frac{0,2321+0,2307}{2} = 0,2314 \\ \text{VHN} &= \frac{1,854 \times P}{L^2} = \frac{1,854 \times 10}{0,2314^2} \\ &= 346,3 \text{ Kgf/mm}^2\end{aligned}$$

E. DC - (QUENCHING OLI)

▪ Titik 1

$$\begin{aligned}\text{Dik} : \quad d1 &= 216,7 \mu\text{m} = 0,2167 \text{ mm} \\ d2 &= 211,2 \mu\text{m} = 0,2112 \text{ mm} \\ P &= 10 \text{ Kgf}\end{aligned}$$

Jawab :

$$\begin{aligned}L &= \frac{0,2167+0,2112}{2} = 0,21395 \\ \text{VHN} &= \frac{1,854 \times P}{L^2} = \frac{1,854 \times 10}{0,21395^2}\end{aligned}$$

$$= 405,1 \text{ Kgf/mm}^2$$

▪ **Titik 2**

Dik : d1 = 214,7 μm = 0,2147 mm
 d2 = 214,7 μm = 0,2147 mm
 P = 10 Kgf

Jawab :

$$L = \frac{0,2147+0,2147}{2} = 0,2147$$

$$\text{VHN} = \frac{1,854 \times P}{L^2} = \frac{1,854 \times 10}{0,2147^2}$$

$$= 402,2 \text{ Kgf/mm}^2$$

▪ **Titik 3**

Dik : d1 = 213,8 μm = 0,2138 mm
 d2 = 215,6 μm = 0,2156 mm
 P = 10 Kgf

Jawab :

$$L = \frac{0,2138+0,2156}{2} = 0,2147$$

$$\text{VHN} = \frac{1,854 \times P}{L^2} = \frac{1,854 \times 10}{0,2147^2}$$

$$= 402,2 \text{ Kgf/mm}^2$$

▪ **Titik 4**

Dik : d1 = 212,9 μm = 0,2129 mm
 d2 = 217,0 μm = 0,2170 mm
 P = 10 Kgf

Jawab :

$$L = \frac{0,2129+0,2170}{2} = 0,21495$$

$$\begin{aligned}\text{VHN} &= \frac{1,854 \times P}{L^2} = \frac{1,854 \times 10}{0,21495^2} \\ &= 401,3 \text{ Kgf/mm}^2\end{aligned}$$

▪ **Titik 5**

Dik : d1 = 212,5 μm = 0,2125 mm
 d2 = 216,2 μm = 0,2162 mm
 P = 10 Kgf

Jawab :

$$\begin{aligned}L &= \frac{0,2125+0,2162}{2} = 0,21435 \\ \text{VHN} &= \frac{1,854 \times P}{L^2} = \frac{1,854 \times 10}{0,21435^2} \\ &= 403,6 \text{ Kgf/mm}^2\end{aligned}$$

F. DC - (QUENCHING AIR)

▪ **Titik 1**

Dik : d1 = 210,3 μm = 0,2103 mm
 d2 = 210,3 μm = 0,2103 mm
 P = 10 Kgf

Jawab :

$$\begin{aligned}L &= \frac{0,2103+0,2103}{2} = 0,2103 \\ \text{VHN} &= \frac{1,854 \times P}{L^2} = \frac{1,854 \times 10}{0,2103^2} \\ &= 419,3 \text{ Kgf/mm}^2\end{aligned}$$

▪ **Titik 2**

Dik : d1 = 208,9 μm = 0,2089 mm
 d2 = 212,3 μm = 0,2123 mm
 P = 10 Kgf

Jawab :

$$L = \frac{0,2089+0,2123}{2} = 0,2106$$

$$\begin{aligned} \text{VHN} &= \frac{1,854 \times P}{L^2} = \frac{1,854 \times 10}{0,2106^2} \\ &= 418,1 \text{ Kgf/mm}^2 \end{aligned}$$

▪ **Titik 3**

Dik : d1 = 208,9 μm = 0,2089 mm
 d2 = 209,7 μm = 0,2097 mm
 P = 10 Kgf

Jawab :

$$L = \frac{0,2089+0,2097}{2} = 0,2093$$

$$\begin{aligned} \text{VHN} &= \frac{1,854 \times P}{L^2} = \frac{1,854 \times 10}{0,2093^2} \\ &= 424,3 \text{ Kgf/mm}^2 \end{aligned}$$

▪ **Titik 4**

Dik : d1 = 211 μm = 0,211 mm
 d2 = 211 μm = 0,211 mm
 P = 10 Kgf

Jawab :

$$L = \frac{0,211+0,211}{2} = 0,211$$

$$\begin{aligned} \text{VHN} &= \frac{1,854 \times P}{L^2} = \frac{1,854 \times 10}{0,211^2} \\ &= 416,5 \text{ Kgf/mm}^2 \end{aligned}$$

▪ **Titik 5**

Dik : d1 = 204,7 μm = 0,2047 mm
 d2 = 218 μm = 0,218 mm

$$P = 10 \text{ Kgf}$$

Jawab :

$$L = \frac{0,2047+0,218}{2} = 0,21135$$

$$\begin{aligned} \text{VHN} &= \frac{1,854 \times P}{L^2} = \frac{1,854 \times 10}{0,21135^2} \\ &= 415,1 \text{ Kgf/mm}^2 \end{aligned}$$

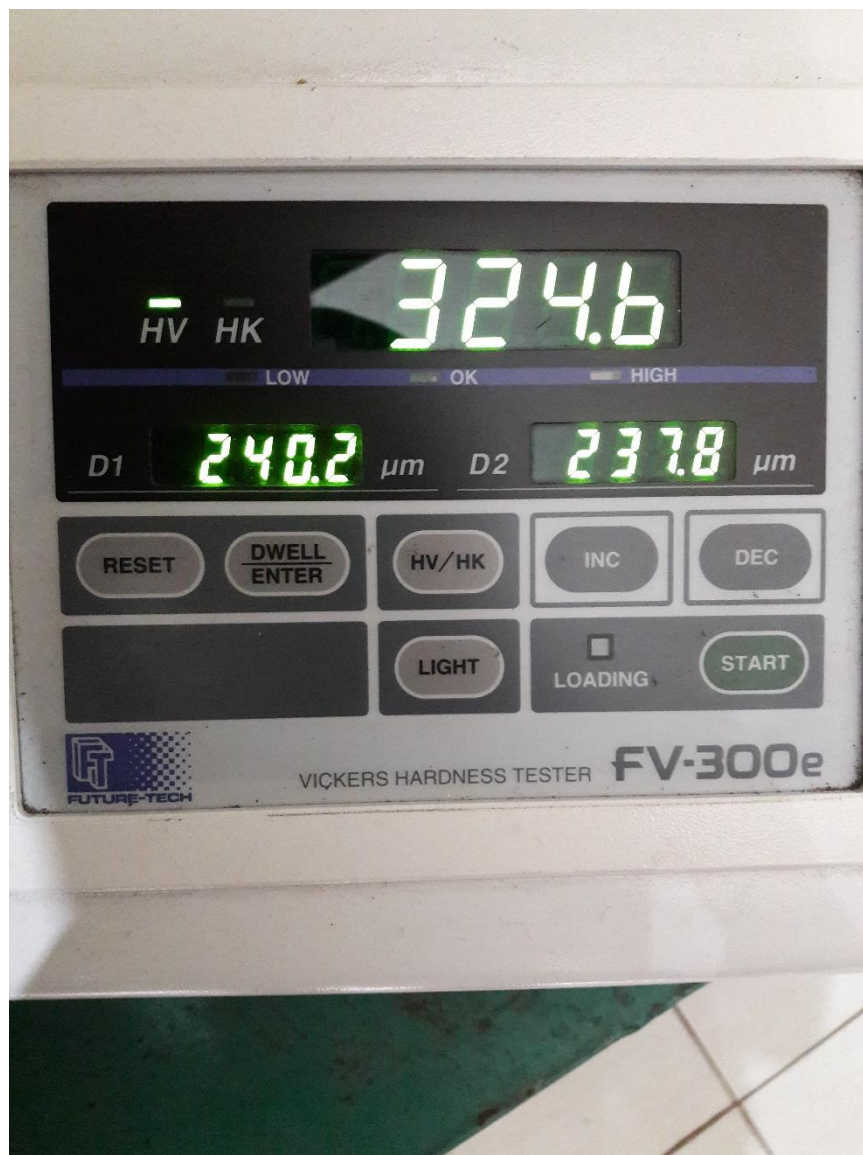
LAMPIRAN 3
DATA VICKERS PADA MONITOR

DC – NON TREATMENT











DC- QUENCHING OLI









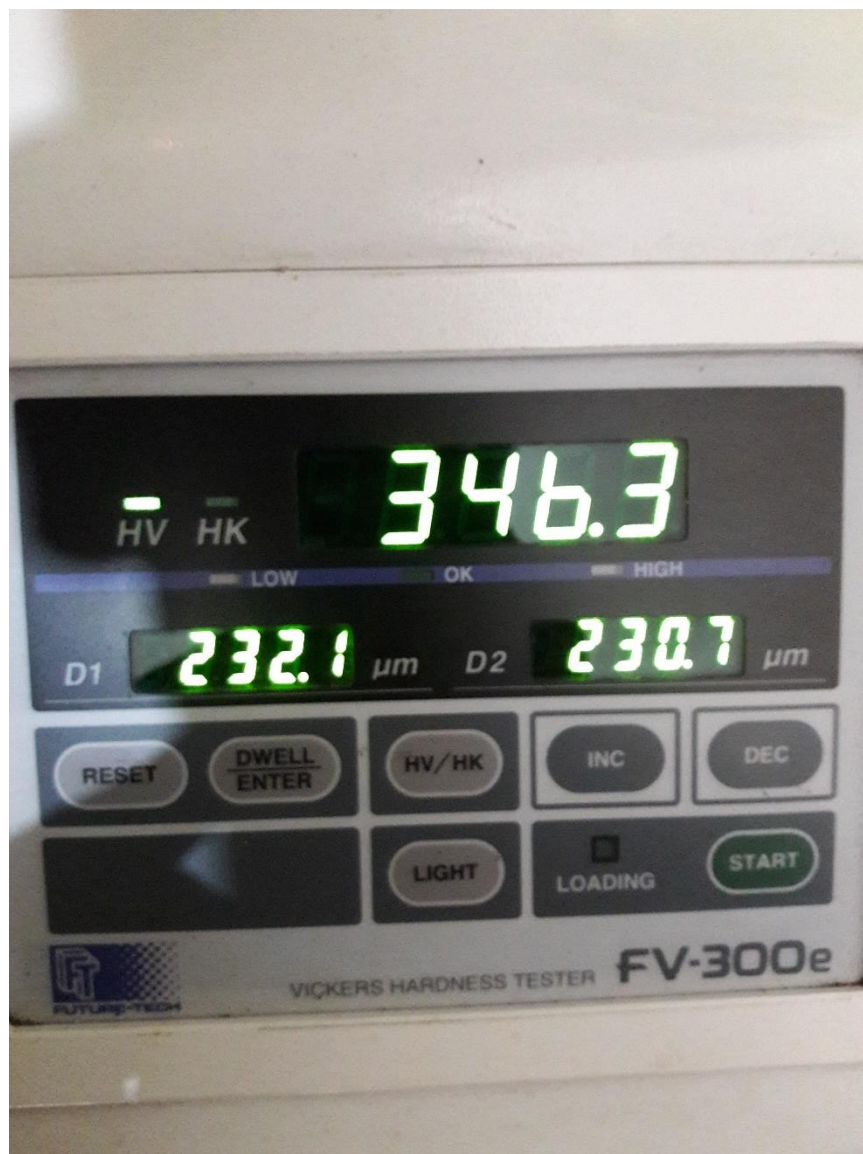
DC – QUENCHING AIR









DC+ NON TREATMENT









DC+ QUENCHING OLI









DC+ QUENCHING AIR









LAMPIRAN 4

LANGKAH LANGKAH KALIBRASI

1. Siapkan sebuah spesimen uji kalibrasi, permukaan spesimen harus rata keseluruhan, tidak boleh berbeda tinggi permukaannya
2. Pengujian spesimen dilakukan sebanyak 3 titik
3. 1 titik dilakukan pembacaan sebanyak 5 kali
4. Hitung rata – rata nilai kekerasan dari pada setiap titik tersebut

NO	TITIK PENUSUKAN	PEMBACAAN NILAI VHN	d1/ μm	d2/ μm	NILAI KEKERASAN ATAU VHN (Kgf/mm)	RATA RATA VHN (Kgf/mm)
1	I	1	234,9	236,6	333,6	333,6
		2	234,9	236,6	333,6	
		3	234,9	236,6	333,6	
		4	234,9	236,6	333,6	
		5	234,9	236,6	333,6	
2	II	1	234,7	236,0	334,7	334,7
		2	234,7	236,0	334,7	
		3	234,7	236,0	334,7	
		4	234,7	236,0	334,7	
		5	234,7	236,0	334,7	
3	III	1	234,5	236,4	334,5	334,5
		2	234,5	236,4	334,5	
		3	234,5	236,4	334,5	
		4	234,5	236,4	334,5	
		5	234,5	236,4	334,5	

TITIK PENUSUKAN 1

TITIK PENUSUKAN II

TITIK PENUSUKAN III

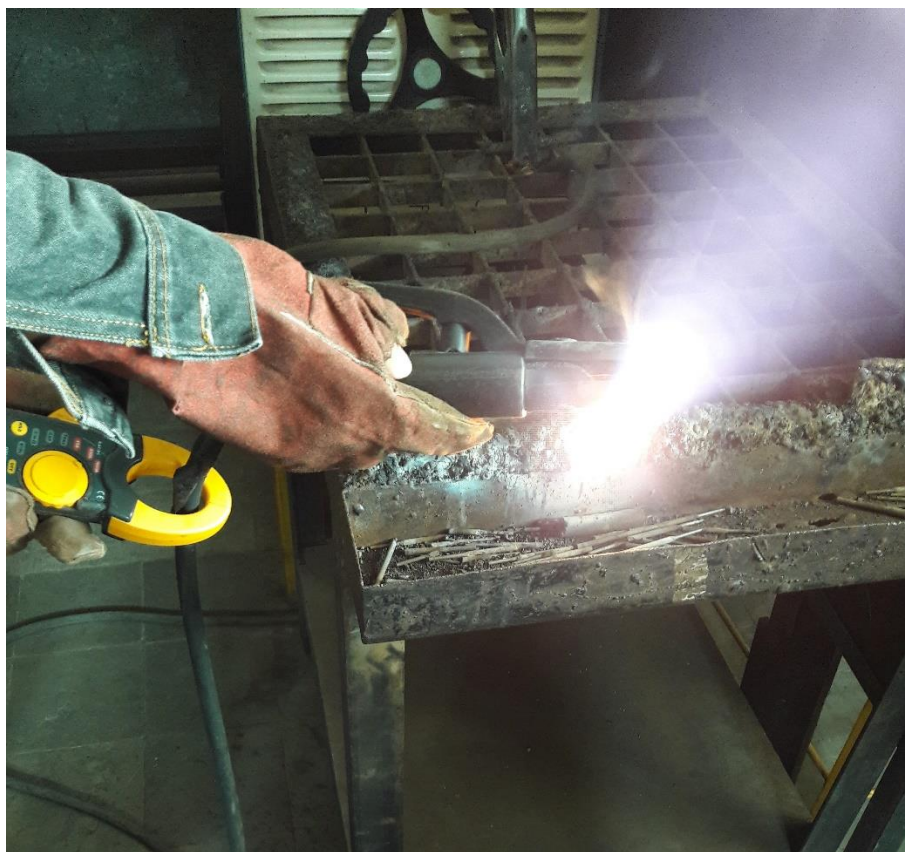
LAMPIRAN 5

LANGKAH LANGKAH MEGHITUNG ARUS LISTRIK (AMPERE)

1. Siapkan alat Ampere meter
2. Kemudian reset pengaturan arus sampai angka 0.00
3. Letakan ampere meter pada kabel ketika elektroda menyala
4. Kemudian perhatikan angka yang terdapat di monitor alat

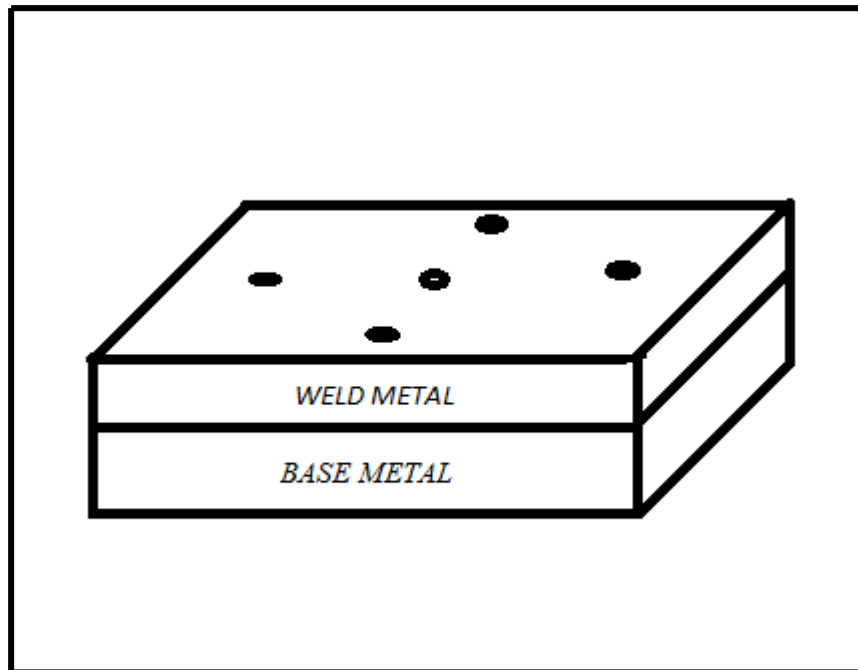






LAMPIRAN 6

TITIK PENUSUKAN UJI VICKERS



LAMPIRAN 7

DOKUMENTASI PENELITIAN





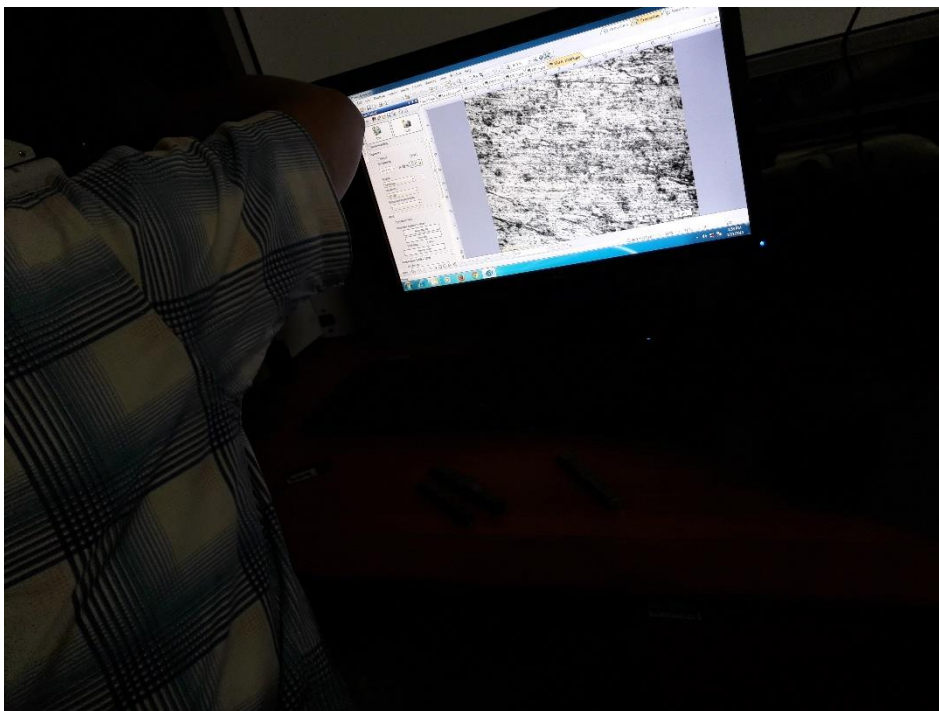


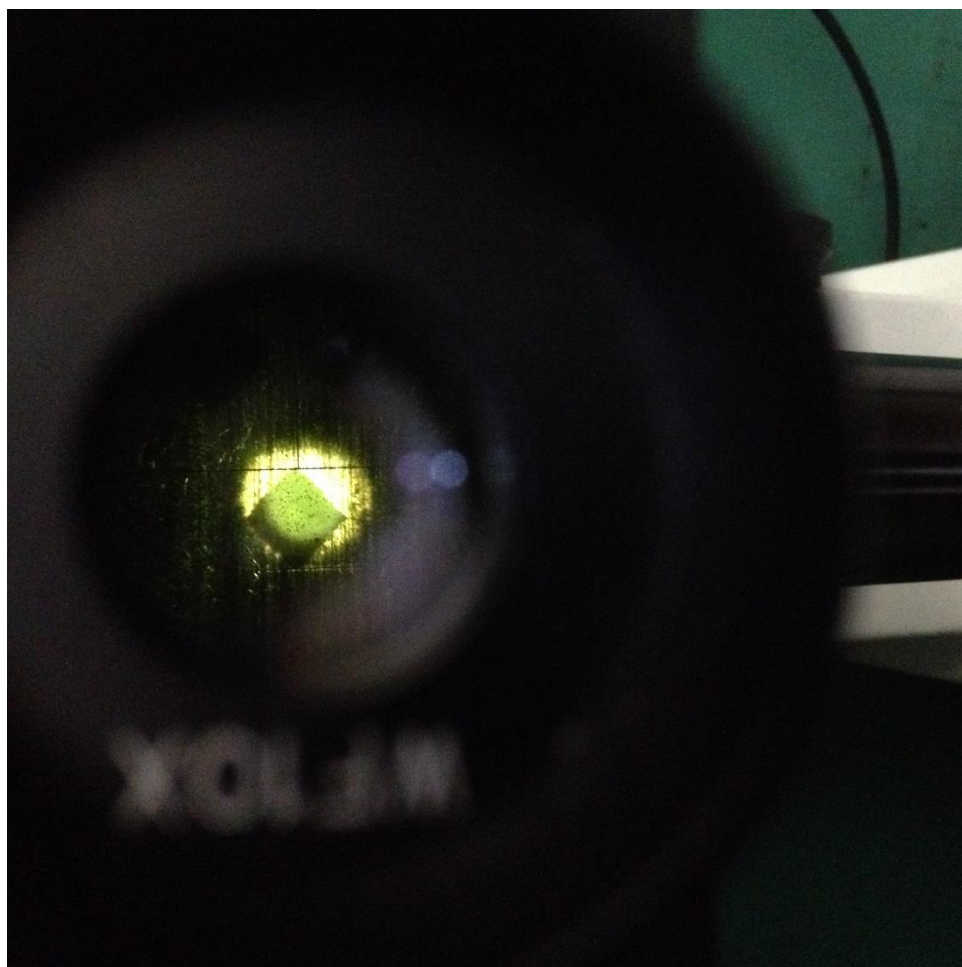














RIWAYAT HIDUP



Muhammad Fatihuddin lahir di Jakarta pada tanggal 27 september 1994. Putra ke-3 dari 5 bersaudara pasangan Suharto dan Sri Agustinawati. Bertempat tinggal di Jl. KH. Ahmad Dahlan RT 004/02 Kelurahan Gondrong petir, Kecamatan Cipondoh, Kota Tangerang – Banten 15147.

Menempuh Pendidikan di TK Aisyiyah 75 Kota Tangerang pada tahun 1999 - 2000, kemudian Pendidikan dasar di SDN Petir 01 Kota Tangerang 2000 - 2006, SMP Muhammadiyah 04 Kota Tangerang 2006 - 2009, SMA Muhammadiyah 02 Kota Tangerang 2009 - 2012 dan melanjutkan studi di jurusan Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta pada tahun 2013.

Pengalaman dibidang organisasi yaitu bendahara Pimpinan Wilayah Ikatan Pelajar Muhammadiyah Banten periode 2017 - 2019, sekretaris umum Pimpinan Daerah Ikatan Pelajar Muhammadiyah Kota Tangerang periode 2016 – 2018, sekretaris bidang kesehatan masyarakat Pimpinan Cabang Pemuda Muhammadiyah Cipondoh periode 2014 - 2018, anggota Pimpinan Kecamatan Komite Nasional Pemuda Indonesia. Pengalaman bekerja pernah menjadi team verifikasi faktual data PMKS panti asuhan di Kota Tangerang dibawah Kementerian Sosial, menjadi team verifikasi faktual KPU/Komisi Pemilihan Umum untuk verifikasi data keanggotaan partai politik di Kota Tangerang tahun 2018. Pengalaman dibidang Pendidikan yaitu menjadi tenaga pengajar di sekolah paket Ristek Nusantara Jaya.